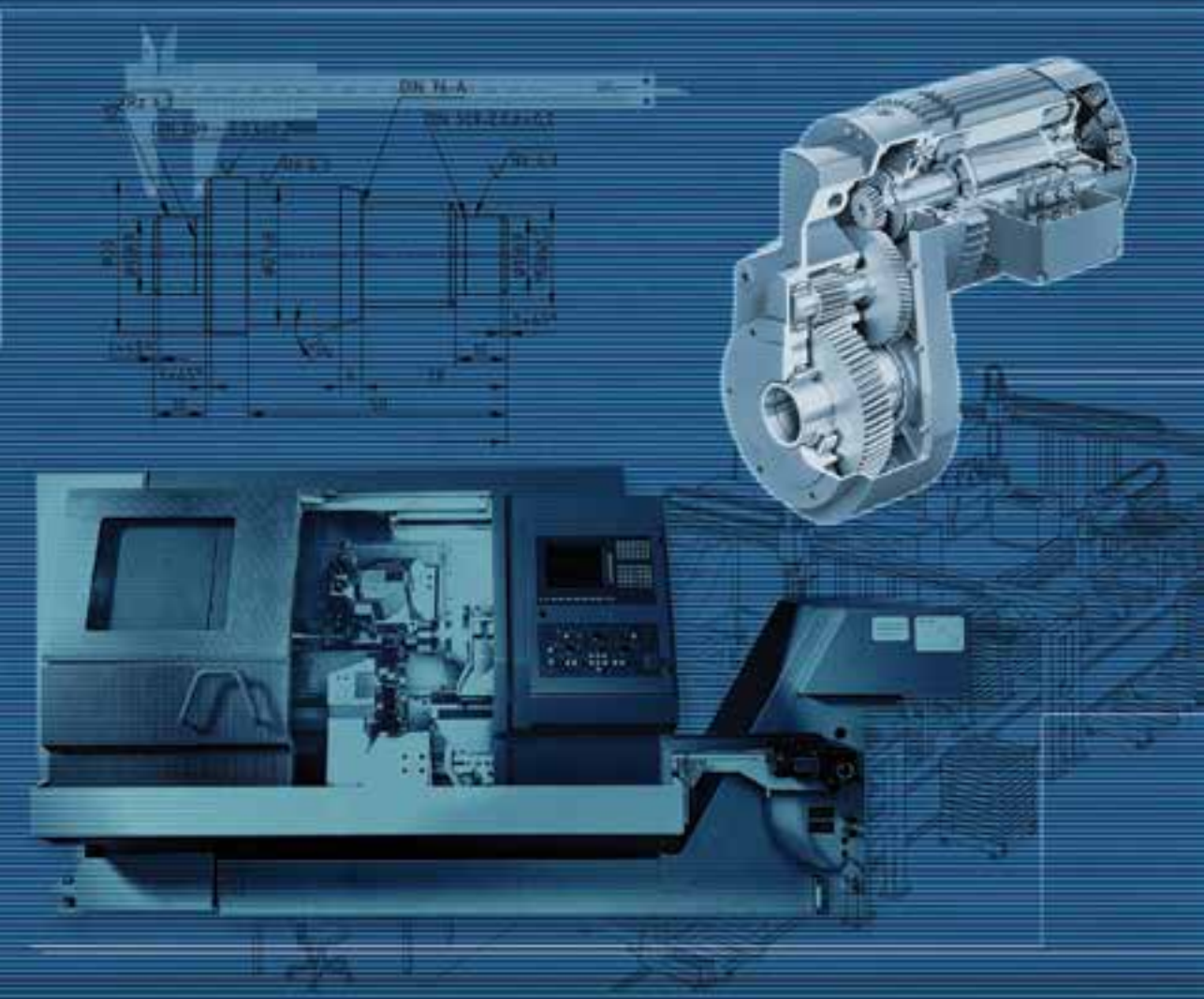
Tủ sách học nghề NHẤT NGHỆ TINH

CHUYÊN NGÀNH CƠ KHÍ



NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

SaigonTimes Foundation

Hệ thống Câu lạc bộ phần mềm lớn nhất Việt Nam

CÂU LẠC BỘ AUTOCAD:https://www.facebook.com/groups/1591463481165256
CÂU LẠC BỘ SOLIDWORKS:https://www.facebook.com/groups/477688802421308
CÂU LẠC BỘ NX: https://www.facebook.com/groups/1669604763304732
CÂU LẠC BỘ INVENTOR:https://www.facebook.com/groups/967091543406123
CÂU LẠC BỘ MASTERCAM:https://www.facebook.com/groups/357857981247179
CÂU LẠC BỘ CATIA: https://www.facebook.com/groups/228562540845870
CÂU LẠC BỘ CREO:https://www.facebook.com/groups/1627970117220070
Hội Lập Trình Viên Việt Nam :https://www.facebook.com/groups/1967416796880273
Cộng Đồng Hỏi Đáp Lập Trình C C++ C# JAVA PHP
PYTHON... https://www.facebook.com/groups/hocngonngulaptrinh/
CÂU LẠC BỘ IT: https://www.facebook.com/groups/668020220045017
TÀNG KINH SÁCH: https://www.facebook.com/groups/330210380784272
Câu Lạc Bộ Phần Mềm : https://www.facebook.com/243173442871817
Câu Lạc Bộ Đào Tạo Phần Mềm : https://www.facebook.com/1315339938541536
CÂU LẠC BỘ CIMATRON:https://www.facebook.com/groups/370536886678290
CÂU LẠC BỘ MATLAB MAPLE MATHEMATICA:https://www.facebook.com/groups/229790647380926
CÂU LẠC BỘ ANSYS:https://www.facebook.com/groups/248115705533684
CÂU LẠC BỘ ĐỒ HỌA:https://www.facebook.com/groups/1587980448179878
CÂU LẠC BỘ ALTIUM PROTEUS EPLAN ORCAD AUTOMATION
STUDIO:https://www.facebook.com/groups/1094824240581840
CÂU LẠC BỘ PLC TIA PORTAL WINCC:https://www.facebook.com/groups/791673107635100
CLB LẬP TRÌNH https://www.facebook.com/354642474989599
CLB CAD CAM KHUÔN https://www.facebook.com/140758746545386
Kỹ Thuật Cơ Khí https://www.facebook.com/1751222525171166
PHẦN MỀM 2D 3D https://www.facebook.com/1954099491487381
CLB CAD https://www.facebook.com/groups/clbcad/
CLB CAE https://www.facebook.com/groups/clbcae/
CLB CAM CNC https://www.facebook.com/groups/clbcam.cnc
CLB KHUÔN https://www.facebook.com/groups/clbkhuon/
CÂU LẠC BỘ 3DS MAX REVIT SKETCHUP https://www.facebook.com/groups/466416127085206
CÂU LẠC BỘ PHOTOSHOP https://www.facebook.com/groups/CAULACBOPHOTOSHOP/
CÂU LẠC BỘ AFTER AFFECT https://www.facebook.com/groups/CAULACBOAFFTER.AFFECT/
CÂU LẠC BỘ PLC https://www.facebook.com/groups/caulacboplc/
Unigraphics NX https://www.facebook.com/NX.CLUB.LVD/

Hệ thống trong ❤️ tôi

🌏 Cơ sở 1 - ĐH Bách khoa HN.

🌏 Cơ sở 2 - ĐH Công nghiệp HN.

Các bạn muốn học phần mềm gì thì Liên hệ: anh Lê Văn Đức (chủ nhiệm Câu lạc bộ phần mềm)

Sđt/Zalo : 0366 030 217 : Lê Văn Đức

Facebook/Skype : Levanduc Lvd

Tác giả:

Dillinger, Josef	Studiendirektor	München
Escherich, Walter	Studiendirektor	München
Günter, Werner	Dipl.-Ing. (FH)	Oberwolfach
Heinzler, Max	Dipl.-Ing. (FH)	Wangen im Allgäu
Ignatowitz, Dr. Eckhard	Dr.-Ing.	Waldbronn
Oesterle, Stefan	Dipl.-Ing.	Amtzell
Reißler, Ludwig	Studiendirektor	München
Stephan, Andreas	Dipl.-Ing. (FH)	Kressbronn
Vetter, Reinhard	Studiendirektor	Ottobeuren

Các tác giả là những giáo viên chuyên ngành của ngành đào tạo kỹ thuật và những kỹ sư.

Dịch thuật và hiệu đính (Những người dịch thuật và hiệu đính là những chuyên gia đã tốt nghiệp và làm việc ở Đức và Việt Nam)

Lê Chu	Cầu	Dipl.-Ing.	Technische Universität Berlin	
Trần văn	Cung	Dipl. Ing.	Technische Universität Berlin	
Nguyễn Thanh	Dân	Dipl.-Ing. (FH)	Fachhochschule Coburg	
Từ	Dũng	Dr.-Ing.	Universität Stuttgart	
Trương Ngọc	Giao	Dipl.-Ing. (FH)	Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt	
Lê Tùng	Hiếu	Dipl.-Ing. (FH)	Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt	Trưởng nhóm
Phạm Nam	Hương	Dipl.-Ing.	Technische Universität Berlin	Người điều phối tủ sách dạy nghề
Phạm Thành	Huy	Dipl.-Ing.	Universität Stuttgart	
Trần Minh	Khôi	Dipl.-Ing. (FH)	Fachhochschule Konstanz	
Phạm Thanh	Minh	Dipl.-Ing. (FH)	Fachhochschule Aachen	
Nguyễn Quảng	Nam	M.Sc.	Hochschule Reutlingen	
Nguyễn Duy	Phương	Dipl.-Ing.	Technische Universität Berlin	
Nguyễn Ngọc	Phương	Dr.-Ing.	Technische Universität Dresden, ass. Prof. ĐHSP Kỹ Thuật TP HCM	
Nguyễn	Quý	Dr.-Ing.	Universität Kaiserslautern	
Phan Tấn	Tài	Dr.-Ing.	Technische Universität Hannover	
Dương Minh	Trí	Dipl.-Ing.	Technische Universität Berlin	
Nguyễn Văn	Trung	Dipl.-Ing. (FH)	Fachhochschule Köln	
Nguyễn Văn	Tùng	Dipl.-Ing.	Technische Hochschule Aachen	
Đỗ Đắc	Vọng	Dr.-Ing.	RWTH Aachen + TU Karlsruhe	
Nguyễn Xuân	Xanh	Dr.-Habil.	Technische Universität Berlin	

Thiết kế bìa sách: Alice Nguyen Thanh Lam

Ủy Ban Tương Trợ Người Việt Nam tại CHLB Đức giữ bản quyền dịch thuật. Sản phẩm được bảo vệ quyền tác giả. Mọi việc sử dụng ngoài quy tắc của luật pháp phải được sự chấp thuận bằng văn bản của nhà xuất bản.

ISBN 978-3-8085-1156-5

BIỂU GHI BIÊN MỤC TRƯỚC XUẤT BẢN ĐƯỢC THỰC HIỆN BỞI THƯ VIỆN KHTH TP.HCM

Chuyên ngành cơ khí / Josef Dillinger ... [và nh.ng. khác] ; Lê Tùng Hiếu ... [và nh.ng. khác] dịch. - T.P. Hồ Chí Minh : Trẻ, 2013.
624 tr. ; 24 cm. - (Tủ sách nhất nghệ tinh).
Nguyên bản : Fachkunde Metall.

ISBN 9783808511565.
1. Cơ khí. I. Dillinger, Josef. II. Lê Tùng Hiếu.

621.8 – dc 22
C564

Quỹ Thời báo Kinh tế Sài Gòn
(Saigon Times Foundation - STF) và
Ủy Ban Tương Trợ Người Việt Nam tại CHLB Đức
(Vietnamesiches Studienwerk in der BRD e.V. - VSW)

Chuyên ngành
CƠ KHÍ

Xuất bản lần thứ 1 (Bản dịch tiếng Việt)
Hợp đồng bản quyền của Nhà Xuất Bản Europa-Lehrmittel ký ngày 17.08.2010

Tựa gốc tiếng Đức: Fachkunde Metall
Copyright 2010 (56th edition): Verlag Europa-Lehrmittel
Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten, Germany

Europa-Nr.: 10129

Lời nói đầu

Một trong những vấn đề cấp bách của kỹ nghệ tại Việt Nam là thiếu công nhân lành nghề được đào tạo một cách bài bản để từ đó sản xuất được những sản phẩm chất lượng cao. ***Quỹ Thời báo Kinh tế Sài Gòn*** *(Saigon Times Foundation - STF) một tổ chức xã hội phi lợi nhuận, phối hợp cùng* ***Ủy ban tương trợ người Việt Nam tại Cộng hòa liên bang Đức*** *và* ***Nhà xuất bản Trẻ*** *ra mắt Tủ sách học nghề "Nhất Nghệ Tinh" nhằm mục đích xây dựng ý thức về nghề nghiệp để hướng một bộ phận thanh niên sau khi tốt nghiệp trung học phổ thông đi vào các trường học nghề (thay vì quá tập trung vào các đại học như hiện nay) cũng như khuyến khích việc nâng cao kỹ năng nghề nghiệp và góp phần tạo sự liên kết giữa các trường dạy nghề với các đơn vị sản xuất kinh doanh.*

Nước Đức là một trong những nước hàng đầu thế giới về xuất khẩu máy móc với độ bền và chính xác nổi tiếng trên thị trường quốc tế. Điều đó có cơ sở từ hệ thống dạy nghề song hành (Duales System) vừa học vừa làm rất thực tiễn, thể hiện rõ ràng trong sách học nghề của họ mà điển hình nhất là tủ sách học nghề của nhà xuất bản Europa-Lehrmittel mà chúng tôi đã mua bản quyền để xuất bản ở Việt Nam lần này. Đây là nhà xuất bản chuyên ngành ở Đức đã có hơn 60 năm kinh nghiệm xuất bản sách học nghề và luôn được cập nhật với những công nghệ mới nhất. Hiện nay Europa-Lehrmittel có hơn 600 đầu sách xuất bản trong 17 ngành nghề rất rộng (Công nghệ kim khí, ô tô, điện, xây dựng, gỗ, toán, y khoa, may mặc, dinh dưỡng, nấu ăn, thiết kế, vẽ và sơn nhà, trồng cây, thiết kế tóc vv...). Những sách học nghề của Europa-Lehrmittel đã được dịch ra 20 thứ tiếng, tại Việt Nam đây là lần đầu tiên chúng tôi thử nghiệm với 3 quyển sách Cơ Khí, Điện và Chất Dẻo, ra mắt bạn đọc trong khuôn khổ Tủ sách học nghề "Nhất nghệ tinh" do Quỹ Thời báo Kinh tế Sài Gòn sáng lập.

Riêng quyển Cơ Khí (Xuất bản lần thứ 56) và Điện (lần thứ 27) là 2 trong những quyển sách bán chạy nhất của nhà xuất bản Europa-Lehrmittel. Quyển Chất Dẻo với ấn bản lần đầu tiên nói lên tầm quan trọng ngày càng gia tăng của chất dẻo trong lĩnh vực đồ dùng dân dụng và công nghiệp ô tô. Quyển sách chuyên ngành Cơ Khí này phục vụ cho việc đào tạo và nâng cao trình độ trong nghề cơ khí.

Nhóm đối tượng mà quyển sách này nhắm đến là:

- *Công nhân chuyên môn về cơ khí công nghiệp và chế tạo dụng cụ*
- *Công nhân chuyên môn về sản xuất*
- *Công nhân chuyên môn về gia công cắt gọt kim loại*
- *Kỹ thuật viên đồ họa*
- *Quản đốc và kỹ thuật viên*
- *Người có kinh nghiệm thực hành trong kỹ nghệ và thủ công*
- *Thực tập sinh và sinh viên*
- *Giáo viên đang giảng dạy chương trình trung học chuyên nghiệp, trường dạy nghề...vv. sử dụng làm sách tham khảo bổ sung cho giáo án trong chuyên ngành.*

Nội dung

Nội dung sách được chia làm 8 chương chính và 13 phần thực tập. Nội dung phù hợp với chương trình giáo dục và trình độ đào tạo của những nhóm ngành nghề đã được nêu trên và phù hợp với sự phát triển trong ngành kỹ thuật và kế hoạch giảng dạy của Hội nghị các Bộ trưởng Văn hóa Đức.

Thư mục thuật ngữ gồm các định nghĩa chuyên môn kỹ thuật với 3 thứ tiếng Đức, Anh và Việt.

Giảng dạy theo 13 lĩnh vực học tập

Chương trình đào tạo trong khuôn khổ chú trọng hình thức giảng dạy theo hướng thực hành, qua đó người học có thể ứng dụng những kiến thức đã tiếp thu được vào công việc thực tiễn. Việc tiếp thu những khả năng này được thực hiện trong 8 lĩnh vực học tập mà qua đó mỗi lĩnh vực học tập được trình bày bằng một đề án kèm lời giải đáp. Năm lĩnh vực học tập tiếp theo được trình bày dưới dạng tóm tắt.

Chúng tôi vô cùng cám ơn nhà xuất bản Trẻ đã dành sự giúp đỡ tận tình trong việc xuất bản, các nhà tài trợ (Công ty TNHH ROBERT BOSCH VIỆT NAM, công ty TNHH ROBERT BOSCH ENGINEERING AND BUSINESS SOLUTIONS VIỆT NAM, công ty RKW-LOTUS, công ty REE Corporation, công ty Dr. VAN TRAN Consulting Trading Co. LTD., công ty UNICO, công ty Hoa Le Finanztransfer GmbH, công ty PROVINA-Thiên Việt, vợ chồng ông bà Tiêu Như Phương và Bạch Mai và sự giúp đỡ đặc biệt của ông bà Phan Kim Hổ...); chân thành cảm ơn tập thể những người biên dịch và hiệu đính - những chuyên gia đã tốt nghiệp và làm việc nhiều năm trong công nghiệp và nghiên cứu của Đức - đã bỏ công sức để hoàn thành việc chuyển ngữ kỹ thuật, những người thân trong gia đình của những người dịch và hiệu đính đã chia sẻ và động viên để hoàn tất công việc bền bỉ này trong một thời gian dài. Ngoài ra chúng tôi cũng rất cám ơn bạn bè và chuyên gia trong công tác dạy nghề đã giúp đỡ và hỗ trợ qua việc giải thích cũng như đưa ra ý tưởng tìm thuật ngữ thích hợp.

Hiển nhiên trong ấn bản lần đầu sẽ không thể nào tránh khỏi thiếu sót, chúng tôi mong mỏi được góp ý để hoàn thiện các ấn bản trong tương lai.

Với mục tiêu hỗ trợ công tác giáo dục - đào tạo dạy nghề và góp phần phát triển nguồn nhân lực nước nhà, chúng tôi ước mong sao quyển sách này sẽ đóng góp một phần nhỏ bé.

Thành phố Hồ Chí Minh tháng 6/2012

QUỸ THỜI BÁO KINH TẾ SÀI GÒN (SAIGON TIMES FOUNDATION - STF) VÀ ỦY BAN TƯƠNG TRỢ NGƯỜI VIỆT NAM TẠI CHLB ĐỨC (VIETNAMESICHES STUDIENWERK IN DER BRD E.V.- VSW)

Lời giới thiệu

Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội của Việt Nam giai đoạn 2011 – 2020 đã xác định đến năm 2020 Việt Nam cơ bản trở thành nước công nghiệp theo hướng hiện đại. Để đạt được mục tiêu này, chiến lược cũng xác định phát triển nguồn nhân lực là một trong 3 khâu đột phá. Vì vậy, năm 2011 Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 579/QĐ-TTg phê duyệt chiến lược phát triển nhân lực Việt nam thời kỳ 2011-2020 và Quyết định số 1216/QĐ-TTg phê duyệt quy hoạch nhân lực Việt Nam thời kỳ 2011-2020. Trên cơ sở đó, năm 2012, Thủ tướng Chính phủ ban hành Quyết định số 630/QĐ-TTg phê duyệt Chiến lược phát triển dạy nghề thời kỳ 2011-2020.

Trong bối cảnh hội nhập quốc tế ngày càng sâu rộng, việc nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia là vấn đề sống còn của mỗi quốc gia, vì lợi thế luôn thuộc về những quốc gia có năng lực cạnh tranh cao hơn. Trong các yếu tố tạo nên năng lực cạnh tranh quốc gia, chất lượng nhân lực được coi là yếu tố quyết định, trong đó nhân lực có kỹ năng nghề cao đặc biệt được coi trọng, vì lực lượng này trực tiếp sản xuất kinh doanh, trực tiếp làm tăng năng suất lao động-yếu tố quyết định tăng năng lực cạnh tranh. Chính vì vậy, chiến lược phát triển dạy nghề thời kỳ 2011-2020 đã đưa ra nhiều giải pháp nhằm tạo ra sự đột phá về chất lượng dạy nghề để phục vụ cho sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước. Một trong các giải pháp đó là đẩy mạnh hợp tác quốc tế về dạy nghề, trong đó xác định rõ CHLB Đức là một trong các đối tác chiến lược về phát triển dạy nghề của Việt Nam. Thực tế, trong nhiều năm qua, Việt Nam và CHLB Đức đã và đang có hợp tác chặt chẽ trong việc phát triển đào tạo nghề tại Việt Nam.

Vừa qua, Bộ Lao động Thương binh và Xã hội Việt Nam đã phê duyệt danh mục các nghề trọng điểm để hỗ trợ đầu tư đạt cấp độ khu vực ASEAN và quốc tế, trong đó có các nghề thuộc lĩnh vực cơ khí. Bởi vậy, chúng tôi rất vui mừng giới thiệu cuốn sách Chuyên ngành cơ khí *bằng tiếng Việt. Cuốn sách này do Nhà xuất bản Europa-Lehrmittel xuất bản nguyên bản bằng tiếng Đức và hiện đang được sử dụng rộng rãi hầu hết ở các trường kỹ thuật tại CHLB Đức. Nội dung của cuốn sách đề cập đến các tiêu chuẩn đào tạo của CHLB Đức đối với các nghề thuộc lĩnh vực cơ khí. Tất cả các thông tin cơ bản về kỹ thuật kim loại đều được thể hiện trong cuốn sách này sẽ mang đến cho độc giả một cái nhìn tổng quan rất tốt về các quy trình kỹ thuật tổng thể với nhiều hình ảnh minh họa. Cuốn sách cung cấp cho độc giả những thông tin, kiến thức về chất lượng cũng như những kinh nghiệm đào tạo nghề của Đức. Kinh nghiệm làm việc lâu năm của các chuyên gia kỹ thuật Việt Nam có năng lực chuyên môn cao trong các doanh nghiệp của CHLB Đức đã đóng góp vào việc dịch cuốn sách từ tiếng Đức sang tiếng Việt. Chúng tôi tin tưởng rằng cuốn sách này sẽ là tài liệu có giá trị tham khảo cao cho công tác đào tạo các nghề cơ khí tại Việt Nam nhằm đạt được trình độ đào tạo theo tiêu chuẩn của CHLB Đức.*

Chúng tôi trân trọng cảm ơn Quỹ Thời báo Kinh tế Sài Gòn, VSW i.d. BRD e.V., Nhà xuất bản Trẻ, Công ty TNHH Robert Bosch Việt Nam, Nhà xuất bản Europa-Lehrmittel và tất cả các cá nhân đã tham gia biên soạn, biên dịch và hỗ trợ xuất bản cuốn sách kỹ thuật này.

Chúng tôi xin kính chúc quý độc giả của cuốn sách đạt nhiều thành công trong việc tiếp tục phát triển đào tạo nghề.

Hà Nội, ngày 1 tháng 2 năm 2013

PGS. TS. Dương Đức Lân
Tổng cục trưởng Tổng cục Dạy nghề,
Bộ Lao động-Thương binh và Xã hội Việt Nam

TS. Horst Sommer
Điều phối viên lĩnh vực trọng tâm
Hợp tác phát triển Đào tạo nghề
Tổ chức Hợp tác Quốc tế (GIZ) CHLB Đức

1 Kỹ thuật kiểm tra độ dài

1.1 Đại lượng và đơn vị 8
1.2. Cơ bản của kỹ thuật đo lường 10
1.2. 1 Khái niệm cơ bản 10
1.2.2 Sai lệch đo 13
1.2.3 Khả năng của phương tiện đo lường giám sát phương tiện kiểm tra 16
1.3 Phương tiện kiểm tra độ dài 18
1.3.1 Thước dài, thước thẳng, thước góc, dưỡng kiểm và căn mẫu 18
1.3.2 Thiết bị đo cơ và điện tử 21
1.3.3 Các thiết bị đo chạy bằng khí nén 29
1.3.4 Thiết bị đo điện tử 31
1.3.5 Thiết bị đo quang điện tử 32
1.3.6 Kỹ thuật nhiều cảm biến (Đa cảm biến) trong thiết bị đo tọa độ 34
1.4 Kiểm tra bề mặt 36
1.4.1 Prôfin bề mặt 36
1.4.2 Những thông số đặc trưng của bề mặt 37
1.4.3 Những phương pháp kiểm tra bề mặt 38
1.5 Dung sai và lắp ghép 40
1.5.1 Dung sai 40
1.5.2 Lắp ghép 44
1.6 Kiểm tra hình dạng và vị trí 48
1.6.1 Dung sai hình dạng và vị trí 48
1.6.2 Kiểm tra các mặt phẳng và góc 50
1.6.3 Kiểm tra độ đồng tâm, độ đồng trục và độ đảo 53
1.6.4 Kiểm tra ren 58
1.6.5 Kiểm tra độ côn 60

2 Quản lý chất lượng

2.1 Những phạm vi hoạt động của quản lý chất lượng 61
2.2 Bộ tiêu chuẩn DIN EN ISO 9000 62
2.3 Đòi hỏi về chất lượng 62
2.4 Đặc tính (đặc trưng) chất lượng và lỗi sai hỏng 63
2.5 Công cụ quản lý chất lượng 64
2.6 Điều chỉnh chất lượng 67
2.7 Đảm bảo chất lượng 68
2.7.1 Kế hoạch kiểm tra 68
2.7.2 Xác suất 68
2.7.3 Phân bố chuẩn cho các trị số của một đặc tính 69
2.7.4 Phân bố pha trộn của một đặc tính 69
2.7.5 Tham số đặc trưng cho phân bố chuẩn của mẫu thử 70
2.7.6 Kiểm tra chất lượng theo phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên 71
2.8 Năng lực máy 72
2.9 Năng lực quy trình 75
2.10 Điều chỉnh quy trình bằng thống kê với bảng điều chỉnh chất lượng 76
2.11 Đánh giá và chứng nhận 79
2.12 Cải tiến liên tục quy trình: Nhân viên làm tối ưu quy trình 80

3 Kỹ thuật sản xuất

3.1 An toàn lao động 82
3.1.1 Dấu hiệu an toàn 82
3.1.2 Nguyên nhân tai nạn 83
3.1.3 Biện pháp an toàn 83
3.2 Phân loại các phương pháp sản xuất 84
3.3 Đúc 86
3.3.1 Khuôn và mẫu 86
3.3.2 Đúc khuôn hủy 87
3.3.3 Đúc khuôn vĩnh cửu 90
3.3.4. Vật liệu đúc 91
3.3.5. Khuyết tật của vật đúc 91
3.4 Phương pháp biến dạng 92
3.4.1 Trạng thái của vật liệu trong biến dạng 92
3.4.2 Khái niệm về phương pháp biến dạng 92
3.4.3 Biến dạng uốn 93
3.4.4 Biến dạng kéo nén 96
3.4.5 Biến dạng ép 100
3.5 Cắt 103
3.5.1 Cắt bằng kéo 103
3.5.2 Cắt bằng tia 108
3.6 Gia công cắt gọt có phoi *112*
3.6.1 Cơ bản 112
3.6.2 Cưa 120
3.6.3 Khoan, khoét (lã), doa 122
3.6.4 Tiện 134
3.6.5 Phay 154
3.6.6 Mài 171
3.6.7 Gia công chính xác 183
3.6.8 Xói mòn (ăn mòn) bằng tia lửa điện 189
3.6.9 Đồ gá và cơ cấu kẹp ở máy công cụ 193
3.6.10 Thí dụ chế tạo đài kẹp cào 200
3.7 Ghép nối (Kết nối) 204
3.7.1 Phương pháp ghép nối 204
3.7.2 Kết nối ép và kết nối khóa sập nhanh 207
3.7.3 Phương pháp dán (sự kết dính) 209
3.7.4 Hàn vảy 211
3.7.5 Hàn 217
3. 8 Sự phủ lớp 230
3.8.1 Phủ lớp với sơn và chất dẻo 230
3.8.2 Phủ lớp với kim loại 232
3.8.3 Phủ lớp với tính chất đặc biệt 233
3.9 Cơ sở sản xuất và bảo vệ môi trường 234

4 Kỹ thuật vật liệu

4.1. Đại cương về vật liệu và phụ liệu 238
4.1.1 Phân loại vật liệu 238
4.1.2 Sản xuất vật liệu 239
4.1.3 Phụ liệu và năng lượng 239
4.2 Chọn lựa vật liệu và đặc tính của vật liệu 240
4.2.1. Chọn lựa vật liệu 240
4.2.2. Lý tính vật liệu 241
4.2.3 Tính cơ học (Cơ tính) - công nghệ 242
4.2.4 Đặc tính kỹ thuật gia công 244
4.2.5 Hóa tính và tính công nghệ 244
4.2.6 Thích hợp với môi trường, không hại sức khỏe 245
4.3. Cấu trúc bên trong của kim loại 246
4.3.1 Cấu trúc bên trong và tính chất 246
4.3.2 Mẫu mạng tinh thể của kim loại 247

4.3.3 Lỗi cấu trúc trong tinh thể 248
4.3.4 Sự phát sinh của cấu trúc kim loại 248
4.3.5 Loại cấu trúc và tính chất vật liệu 249
4.3.6 Cấu trúc kim loại ròng và cấu trúc hợp kim 250
4.4 Vật liệu thép và gang đúc 251
4.4.1 Luyện gang thỏi 251
4.4.2 Sản xuất thép 252
4.4.3 Hệ thống ký hiệu cho thép 255
4.4.4 Phân loại thép theo thành phần và cấp chất lượng 258
4.4.5 Các loại thép và ứng dụng 259
4.4.6 Dạng thương phẩm của thép 261
4.4.7 Nguyên tố hợp kim và nguyên tố kèm theo của thép và vật liệu gang sắt đúc 262
4.4.8 Nấu chảy vật liệu gang sắt 263
4.4.9 Hệ thống đặt tên vật liệu gang sắt 264
4.4.10 Các loại gang sắt 265
4.5 Kim loại không chứa sắt 268
4.5.1 Kim loại nhẹ 268
4.5.2 Kim loại nặng 270
4.6 Vật liệu thiêu kết 273
4.6.1 Sản xuất chi tiết được tạo dạng bằng vật liệu thiêu kết 273
4.6.2 Đặc tính và ứng dụng 274
4.6.3 Sản xuất vật liệu với phương pháp luyện kim bột 274
4.7 Vật liệu gốm 275
4.8 Nhiệt luyện thép 277
4.8.1 Các loại cấu trúc của vật liệu sắt 277
4.8.2 Giản đồ trạng thái của hợp kim sắt-cacbon 278
4.8.3 Cấu trúc và mạng tinh thể lúc nung nóng 279
4.8.4 Nung 280
4.8.5 Tôi (trui) 281
4.8.6 Nhiệt luyện 285
4.8.7 Tôi ở vùng biên (tôi da cứng) 286
4.8.8 Thí dụ sản xuất: xử lý nhiệt của bệ kẹp 289
4.9 Kiểm tra vật liệu 290
4.9.1 Kiểm tra đặc tính gia công 290
4.9.2 Kiểm tra cơ tính 291
4.9.3 Thử nghiệm uốn đập mẫu có khía 293
4.9.4 Kiểm tra độ cứng 294
4.9.5 Kiểm tra độ bền mỏi 298
4.9.6 Kiểm tra tải trọng vận hành của cấu kiện 299
4.9.7 Thử nghiệm không phá hủy vật liệu 299
4.9.8 Xét nghiệm cấu trúc kim loại bằng kính hiển vi 300
4.10 Ăn mòn và bảo vệ chống ăn mòn 301
4.10.1 Nguyên nhân ăn mòn 301
4.10.2 Các loại ăn mòn và đặc điểm bề ngoài của nó 303
4.10.3 Các biện pháp chống ăn mòn 304
4.11 Chất dẻo 307
4.11.1 Đặc tính và ứng dụng 307
4.11.2 Thành phần hóa học và chế tạo 308
4.11.3 Sự phân loại theo công nghệ và cấu trúc bên trong 309
4.11.4 Nhựa nhiệt dẻo 310
4.11.5 Nhựa nhiệt rắn 312
4.11.6 Chất đàn hồi 313
4.11.7 Kiểm tra tham số chất dẻo 314
4.11.8 Các tham số của các loại chất dẻo quan trọng 315
4.11.9 Sự gia công định hình chất dẻo 316
4.11.10 Những phương pháp gia công khác của bán thành phẩm và thành phẩm 321
4.12 Vật liệu composite 323
4.12.1 Cấu tạo bên trong 323
4.12.2 Chất dẻo gia cường bằng sợi 324
4.12.3 Vật liệu kết hợp gia cường bằng hạt cứng và bằng phương pháp thẩm thấu 325
4.12.4 Liên kết lớp và liên kết cấu trúc 326
4.13 Vấn đề môi trường của vật liệu và phụ liệu 327

5 Kỹ thuật máy và thiết bị

5.1 Phân loại máy 330
5.1.1 Máy động lực 330
5.1.2 Máy gia công (máy dụng cụ, máy làm việc) 334
5.1.3 Hệ thống xử lý dữ liệu (Máy tính) 337
5.1.4 Dây chuyền sản xuất 338
5.2 Xử lý trong sản xuất và lắp ráp 339
5.2.1 Kỹ thuật về hệ thống xử lý 339
5.2.2 Hệ thống sản xuất linh hoạt 347
5.3 Đưa vào vận hành 353
5.3.1 Lắp đặt máy hoặc thiết bị 354
5.3.2 Đưa máy hoặc thiết bị vào vận hành 355
5.3.3 Nghiệm thu máy hoặc thiết bị 357
5.4 Đơn vị chức năng của máy và thiết bị 358
5.4.1 Cấu trúc bên trong của máy 358
5.4.2 Đơn vị chức năng của một máy công cụ CNC 360
5.4.3 Các đơn vị chức năng của một ô tô 362
5.4.4 Đơn vị chức năng của một hệ thống điều hòa không khí 363
5.4.5 Thiết bị an toàn ở máy 364
5.5 Đơn vị chức năng mối ghép 366
5.5.1 Ren 366
5.5.2 Kết nối bulông 368
5.5.3 Kết nối chốt 376
5.5.4 Kết nối bằng đinh tán (Ri vê) 378
5.5.5 Kết nối trục - đùm 380
5.6 Đơn vị chức năng đỡ và mang 384
5.6.1 Ma sát và dung dịch bôi trơn 384
5.6.2 Bợ trục (Ổ trục) 387
5.6.3 Bộ phận dẫn hướng 396
5.6.4 Đệm kín (Phớt) 399
5.6.5 Lò xo 401
5.7 Đơn vị chức năng để truyền năng lượng 403
5.7.1 Trục và láp (cốt trục) 403
5.7.2 Bộ ly hợp 405
5.7.3 Truyền động đai (Truyền động dây trân) 410
5.7.4 Truyền xích 412
5.7.5 Bộ truyền động bánh răng 414
5.8 Đơn vị truyền động 417
5.8.1 Động cơ điện 417
5.8.2 Hộp số 424
5.8.3 Truyền động thẳng (Truyền động tuyến tính) 430
5.9 Kỹ thuật lắp ráp 432
5.9.2 Dạng tổ chức lắp ráp 433
5.9.3 Tự động hóa lắp ráp 433
5.9.4 Những thí dụ lắp ráp 434
5.10 Sự bảo trì 440
5.10.1 Phạm vi hoạt động và định nghĩa 440
5.10.2 Khái niệm về bảo trì 441
5.10.3 Mục đích của bảo trì 442
5.10.4 Những khái niệm về bảo trì 442
5.10.5 Bảo dưỡng 445
5.10.6 Kiểm tra 448
5.10.7 Sự sửa chữa 450
5.10.8 Cải tiến 452
5.10.9 Tìm chỗ hỏng (khuyết tật) và nguồn sai sót (lỗi) 453
5.11 Phân tích hư hại và tránh hư hại 454
5.12 Ứng suất (ứng lực) và độ bền của cấu kiện 456

6 Kỹ thuật tự động hóa

6.1 Điều khiển và điều chỉnh 459
6.1.1 Khái niệm cơ bản của kỹ thuật điều khiển 459
6.1.2 Khái niệm cơ bản về kỹ thuật điều chỉnh 461
6.2 Cơ bản về việc giải quyết các nhiệm vụ điều khiển 465
6.2.1 Cách vận hành của các hệ điều khiển 465
6.2.2 Các thành phần của hệ điều khiển 466
6.2.3 GRAFCET 476
6.3 Điều khiển bằng khí nén 479
6.3.1 Cấu kiện của hệ thống thiết bị khí nén 479
6.3.2 Các phần tử khí nén 480
6.3.3 Sơ đồ mạch của hệ điều khiển bằng khí nén 488
6.3.4 Thí dụ về điều khiển bằng khí nén 489
6.3.5 Điều khiển điện - khí nén 491
6.4 Điều khiển bằng thủy lực 496
6.4.1 Các thành phần chính 496
6.4.2 Điều khiển điện thủy lực 504
6.5 Điều khiển bằng điện 507
6.5.1 Cấu tạo 507
6.5.2 Thiết bị chuyển mạch điện 507
6.5.3 Điều khiển công tắc bằng điện 509
6.5.4 Đấu nối dây với thanh kẹp 510
6.6 Điều khiển lôgic lập trình 511
6.6.1 Điều khiển lôgic lập trình như là môđun điều khiển nhỏ 511
6.6.2 Điều khiển lôgic lập trình như là hệ thống tự động hóa theo môđun 514
6.7 Điều khiển CNC 523
6.7.1 Đặc tính của máy NC 523
6.7.2 Tọa độ, điểm gốc và điểm chuẩn 527
6.7.3 Các loại điều khiển, những hiệu chỉnh 529
6.7.4 Tạo chương trình CNC 532
6.7.5 Chu trình và chương trình con 537
6.7.6 Lập trình cho máy tiện NC 538
6.7.7 Lập trình cho máy phay NC 546
6.7.8 Những phương pháp lập trình 551

7 Kỹ thuật thông tin (Kỹ thuật tin học)

7.1 Truyền thông kỹ thuật 554
7.1.1 Tiêu chuẩn và quy định 554
7.1.2 Bản vẽ kỹ thuật 555
7.1.3 Mô tả tương quan kỹ thuật 556
7.1.4 Sơ đồ và biên bản 556
7.2 Kỹ thuật máy tính 558
7.2.1 Cách hoạt động của máy tính 558
7.2.2 Phần cứng 559
7.2.3 Diễn đạt thông tin trong máy tính 561
7.2.4 Thiết bị ngoại vi 562
7.2.5 Khởi động máy tính 563
7.2.6 Hệ điều hành 564
7.2.7 Virus máy tính 564
7.2.8 Phần mềm ứng dụng 565
7.2.9 Tác động của kỹ thuật máy tính vào kinh tế và xã hội 567
7.2.10 Bảo hộ lao động bên máy tính 568
7.2.11 Bảo vệ dữ liệu 568

8 Kỹ thuật điện

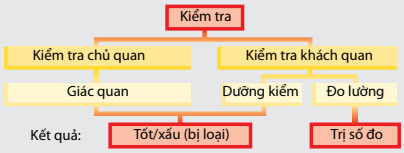
8.1 Mạch điện 569
8.1.1 Điện áp 569
8.1.2 Dòng điện 570
8.1.3 Điện trở 571
8.2 Mạch điện với điện trở 572
8.2.1 Mạch nối tiếp của điện trở 572
8.2.2 Mạch song song của điện trở 573
8.3 Các loại dòng điện 574
8.4 Công suất và năng lượng điện 575
8.5 Thiết bị bảo vệ khi quá dòng 576
8.6 Lỗi tại hệ thống điện và biện pháp bảo vệ 577

Lĩnh vực học tập

Thông tin về việc dạy chú trọng vào lĩnh vực học tập 581
Lĩnh vực học tập 1: Sản xuất cấu kiện với dụng cụ cầm tay 582
Lĩnh vực học tập 2: Sản xuất cấu kiện với máy 584
Lĩnh vực học tập 3: Chế tạo cụm lắp ráp đơn giản 586
Lĩnh vực học tập 4: Bảo dưỡng hệ thống kỹ thuật 588
Lĩnh vực học tập 7: Lắp ráp hệ thống kỹ thuật 590
Lĩnh vực học tập 8: Lập trình và sản xuất trên máy công cụ điều khiển bằng kỹ thuật số 592
Lĩnh vực học tập 10: Sản xuất và đưa vào vận hành một phần hệ thống kỹ thuật 594
Phạm vi học tập 11: Giám sát chất lượng sản phẩm và qui trình 596
Lĩnh vực học tập 5: Gia công chi tiết rời với máy công cụ (tóm tắt) 598
Lĩnh vực học tập 6: Kế hoạch và việc đưa vào vận hành của hệ thống điều khiển kỹ thuật (tóm tắt) 598
Lĩnh vực học tập 9: Sửa chữa các hệ thống kỹ thuật (tóm tắt) 598
Lĩnh vực học tập 12: Bảo dưỡng các hệ thống kỹ thuật (tóm tắt) 599
Lĩnh vực học tập 13: Đảm bảo khả năng vận hành của những hệ thống tự động (tóm tắt) 599
Danh sách hãng xưởng 600
Thư mục thuật ngữ 603

1 Kỹ thuật kiểm tra độ dài

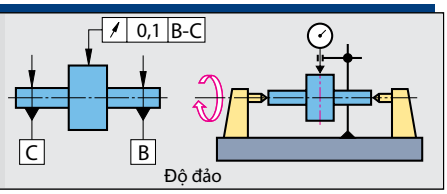
1.1 Đại lượng và đơn vị 8
1.2 Cơ bản của kỹ thuật đo lường 10
Khái niệm cơ bản 10
Sai lệch đo 13
Khả năng của phương tiện đo lường, giám sát phương tiện đo lường 16



1.3 Phương tiện kiểm tra chiều dài 18
Thước đo, thước thẳng, thước góc, dưỡng kiểm và căn mẫu 18
Thiết bị đo bằng cơ và điện tử 21
Thiết bị đo chạy bằng khí nén 29
Thiết bị đo điện tử 31
Thiết bị đo quang điện tử 32
Kỹ thuật nhiều cảm biến trong thiết bị đo tọa độ 34

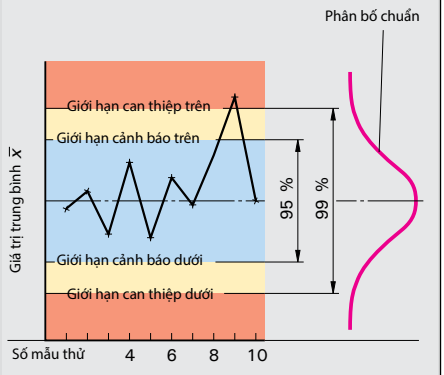
1.4 Kiểm tra bề mặt 36
Prôfin bề mặt 36
Những thông số đặc trưng của bề mặt, những phương pháp kiểm tra bề mặt 37
1.5 Dung sai và lắp ghép 40
Dung sai 40
Lắp ghép 44

1.6 Kiểm tra hình dạng và vị trí 48
Dung sai hình dạng và vị trí 48
Kiểm tra mặt phẳng và góc 50
Kiểm tra độ đồng tâm, độ đồng trục và độ đảo 53
Kiểm tra ren, kiểm tra côn 58



2 Quản lý chất lượng

2.1 Lĩnh vực hoạt động của quản lý chất lượng 61
2.2 Bộ tiêu chuẩn DIN EN ISO 9000 62
2.3 Yêu cầu về chất lượng 62
2.4 Đặc tính của chất lượng và lỗi 63
2.5 Công cụ quản lý chất lượng 64
2.6 Điều chỉnh chất lượng 67
2.7 Bảo đảm chất lượng 68
2.8 Năng lực máy 72
2.9 Năng lực quy trình 75
2.10 Điều chỉnh quy trình bằng thống kê với thẻ điều chỉnh chất lượng 76
2.11 Kiểm toán và chứng nhận 79
2.12 Quy trình cải tiến liên tục: Nhân viên tối ưu hóa quy trình 80



1 Kỹ thuật kiểm tra độ dài

1.1 Đại lượng và đơn vị

Các đại lượng diễn tả những đặc tính có thể định lượng được, thí dụ chiều dài, thời gian, nhiệt độ hoặc cường độ dòng điện (**Hình 1**).

Các đại lượng cơ bản và các đơn vị cơ bản được quy định trong hệ thống đơn vị quốc tế SI (Système International d'unités) (**Bảng 1**).

Để tránh những số quá lớn hoặc quá nhỏ, bội số hoặc ước số thập phân được đặt trước các đơn vị, thí dụ milimét (**Bảng 2**).

■ Độ dài

Đơn vị cơ bản của độ dài là mét. Một mét là quãng đường ánh sáng đi được trong chân không trong khoảng thời gian 1/299 729 458 giây.

Để phù hợp cho việc diễn tả những khoảng cách rất lớn hoặc rất nhỏ, người ta sử dụng kết hợp một vài ký hiệu đứng trước đơn vị mét (**Bảng 3**).

Bên cạnh hệ thống mét có một vài quốc gia còn sử dụng hệ thống Inch

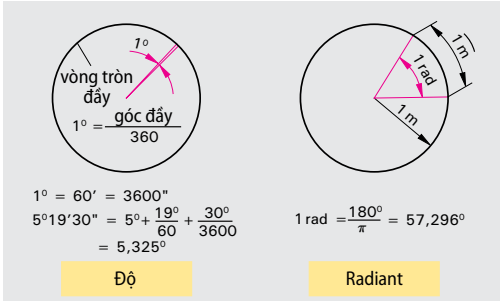
Chuyển đổi: 1 inch (in) = 25,4 mm

■ Góc

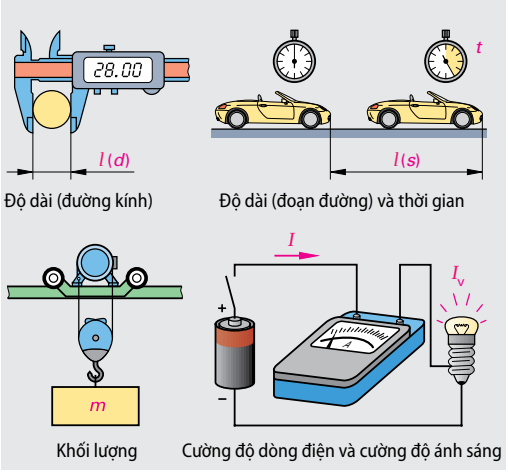
Các đơn vị của góc là góc phẳng ở trung tâm điểm của nguyên vòng tròn.

Một **độ** (**1⁰**) bằng 1 phần 360 góc phẳng của nguyên vòng tròn. (**Hình 2**). Độ được chia nhỏ thành phút (′), giây (″) hoặc chia theo hệ thập phân.

Radian (rad) là góc phẳng của một vòng tròn có bán kính là 1 mét và cắt vòng tròn với cung có chiều dài 1 mét. (Hình 2). Một radian tương đương với một góc phẳng 57,29577951⁰.



Hình 2: Các đơn vị của góc phẳng



Hình 1: Các đại lượng cơ bản

Bảng 1: Hệ thống đơn vị quốc tế

Các đại lượng cơ bản và các ký hiệu	Đơn vị cơ bản	
	Tên	Ký hiệu
Độ dài ℓ	mét	m
Khối lượng *m*	kilôgam	kg
Thời gian *t*	giây	s
Nhiệt độ nhiệt động *T*	Kelvin	K
Cường độ dòng điện *I*	Ampe	A
Cường độ ánh sáng I_v	Candela	cd

Bảng 2: Ký hiệu đứng trước để gọi các bội số hoặc ước số thập phân của các đơn vị

Ký hiệu	Hệ số đứng trước	
M mêga k kilô	một triệu lần một ngàn lần	$10^6 = 1000000$ $10^3 = 1000$
h héctô da đêca	một trăm lần mười lần	$10^2 = 100$ $10^1 = 10$
d đêci c centi	một phần mười một phần trăm	$10^{-1} = 0,1$ $10^{-2} = 0,01$
m mili µ micrô	một phần ngàn một phần triệu	$10^{-3} = 0,001$ $10^{-6} = 0,000001$

Bảng 3: Các đơn vị độ dài thông dụng

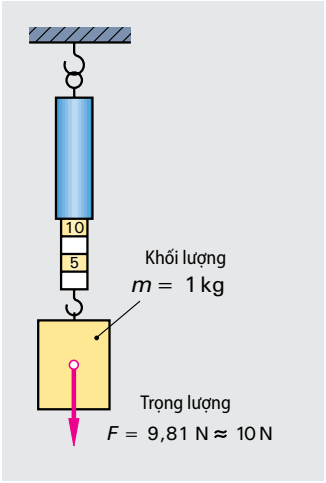
Hệ thống mét
1 kilô mét (km) = 1000 mét
1 đêci mét (dm) = 0,1 mét
1 centi mét (cm) = 0,01 mét
1 mili mét (mm) = 0,001 mét
1 micrô mét (µm) = 0,000.001 m
1 nanô mét (nm) = 0,000.000.001 m = 0,001µm

■ Khối lượng, lực và áp suất

Khối lượng *m* của một vật thể tùy thuộc theo lượng chất của nó và không bị lệ thuộc vào vị trí địa lý nơi vật thể xuất hiện. Đơn vị cơ bản của khối lượng là kilô gam. Đơn vị cũng thường được sử dụng là gam và tấn: 1g = 0,001 kg, 1t = 1000 kg.

Tiêu chuẩn quốc tế cho khối lượng 1 kilô gam là một quả cân hình trụ bằng chất Platin-Iridi được cất giữ ở Paris. Đó là đơn vị cơ bản duy nhất được định nghĩa không nhờ vào một hằng số tự nhiên.

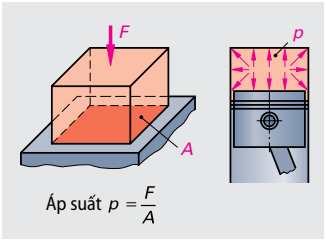
Một vật có khối lượng 1 kilô gam tác dụng trên trái đất (vị trí tiêu chuẩn: Zürich) vào điểm treo nó hoặc chỗ nó nằm một **lực** F_G (trọng lượng) bằng 9,81 N (**Hình 1**).



Hình 1: Khối lượng và lực

Áp suất *p* là lực trên mỗi đơn vị diện tích (**Hình 2**) với đơn vị pascal (Pa) hoặc bar (bar).

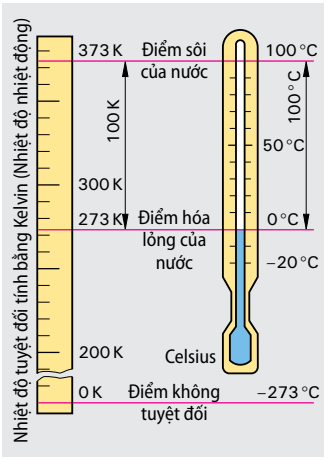
Các đơn vị: 1 Pa = N/m^2 =0,00001 bar, 1 bar = 10^5 Pa = 10 N/cm^2



Hình 2: Áp suất

■ Nhiệt độ

Nhiệt độ diễn tả trạng thái nhiệt của các vật thể, các chất lỏng hoặc các chất khí. Độ **Kelvin** (**K**) bằng 1/273,15 của nhiệt độ khác biệt giữa điểm 0 tuyệt đối và điểm đông đặc của nước (**Hình 3**). Đơn vị thông dụng của nhiệt độ là **độ Celcius** (**^{0}C**). Điểm đông đặc của nước tương ứng 0^{0}C, điểm sôi của nước là 100^{0}C. Chuyển đổi: 0^{0}C = 273,15 K; 0 K = -273,15^{0}C.



Hình 3: Thang nhiệt độ

■ Thời gian, tần số và số vòng quay

Đơn vị cơ bản cho **thời gian *t*** được quy định là giây (s).

Các đơn vị: 1 giây = 1000 mili giây; 1 giờ = 60 phút = 3600 giây

Khoảng thời gian của một chu kỳ *T*, còn gọi là khoảng thời gian của một dao động, là thời gian được tính bằng giây cho một quá trình (sự kiện) và quá trình này được lặp đi lặp lại đều đặn, thí dụ như nguyên một dao động đầy đủ của một con lắc hay là vòng quay của một cái đĩa mài (**Hình 4**).

Tần số *f* là số nghịch đảo của khoảng thời gian của một chu kỳ *T* (*f* = 1/*T*). Nó cho biết bao nhiêu quá trình diễn ra trong một giây. Đơn vị của tần số *f* là 1/s hoặc Hertz (Hz). Các đơn vị: 1/s = 1 Hz; 10^3 Hz = 1kHz; 10^6 Hz = 1 MHz.

Tần số vòng quay *n* (**số vòng quay**) là số lượng vòng quay trong 1 giây hoặc 1 phút.

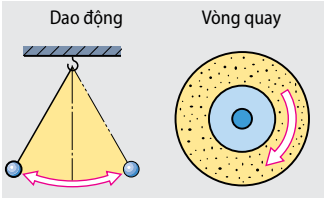
Thí dụ: Một cái đĩa mài với đường kính 200 mm quay 6000 vòng trong 2 phút. Số vòng quay là bao nhiêu?
Lời giải: Số vòng quay (Tần số vòng quay) *n* = 6000/2 phút = **3000/phút**

■ Các phương trình đại lượng (công thức)

Công thức tạo nên các tương quan giữa những đại lượng với nhau.

Thí dụ: Áp suất *p* là lực *F* trên mỗi diện tích *A*
p = *F*/*A*; *p* = 100 N/1 cm^2 = 100 N/cm^2 = **10 bar**

Trong tính toán các đại lượng được thể hiện trong công thức bằng ký hiệu. Trị số của một đại lượng bằng tích số của số lượng nhân với đơn vị, thí dụ *F* = 100 N hoặc *A* = 1 cm^2. Các phương trình đơn vị cho biết sự quan hệ giữa các đơn vị với nhau, thí dụ 1 bar = 10^5 Pa.



Hình 4: Những sự kiện tuần hoàn

1.2 Cơ bản về kỹ thuật đo lường

1.2. 1 Khái niệm cơ bản

Khi kiểm tra, những đặc điểm hiện có của sản phẩm như kích thước, hình dạng, chất lượng bề mặt được so sánh với những đặc tính đòi hỏi.

Kiểm tra là xác định vật được kiểm tra có đạt những đặc điểm đòi hỏi hay không. Thí dụ kính thước, hình dạng hoặc phẩm chất bề mặt.

■ Các loại kiểm tra

Kiểm tra chủ quan được thực hiện bằng giác quan của người kiểm tra, không có sự hỗ trợ của máy móc (**Hình 1**). Người kiểm tra xác định thí dụ sự thành hình của rìa xờm (ba vớ, bavia) và chiều cao nhấp nhô của chi tiết có thể chấp nhận được không (kiểm tra bằng mắt và qua tiếp xúc bằng tay).

Kiểm tra khách quan được thực hiện với những phương tiện kiểm tra, có nghĩa là với những thiết bị đo và các dưỡng kiểm (**Hình 1 và Hình 2**).

Đo lường là so sánh một độ dài hoặc một góc phẳng với một thiết bị đo. Kết quả là một trị số đo.
Đo so sánh là so sánh vật kiểm tra với một thiết bị so sánh. Người ta không nhận được trị số bằng con số, mà chỉ xác định là vật được đo tốt hoặc bị loại (xấu).

■ Phương tiện kiểm tra (Thiết bị đo)

Dụng cụ kiểm tra được chia làm 3 nhóm: **thiết bị đo, dưỡng kiểm và thiết bị phụ trợ**.

Tất cả các thiết bị đo, các thiết bị so sánh được thiết kế theo **mẫu chuẩn**. Nó tượng trưng cho độ lớn, thí dụ bằng khoảng cách những vạch kẻ (thước kẻ), bằng khoảng cách cố định của những mặt phẳng (căn mẫu đo, dưỡng kiểm) hoặc vị trí góc của những mặt phẳng (căn chuẩn đo góc).

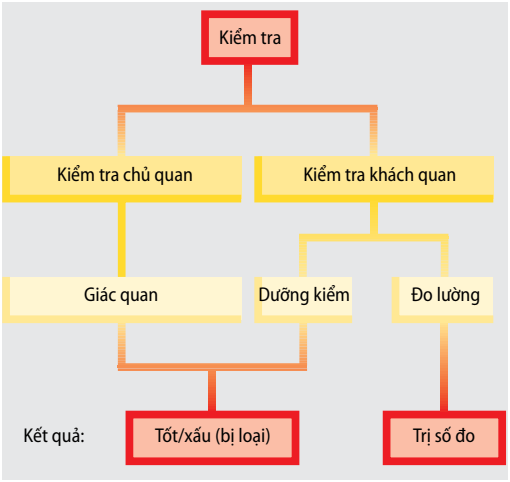
Các thiết bị đo có hiển thị có dấu hiệu di chuyển (kim đồng hồ đo, vạch kẻ của thước chạy), thang đo di chuyển hoặc cơ cấu đếm số. Trị số đo có thể đọc được ngay.

Dưỡng tượng trưng cho kích thước hoặc kích thước **và** hình dạng của vật kiểm tra.

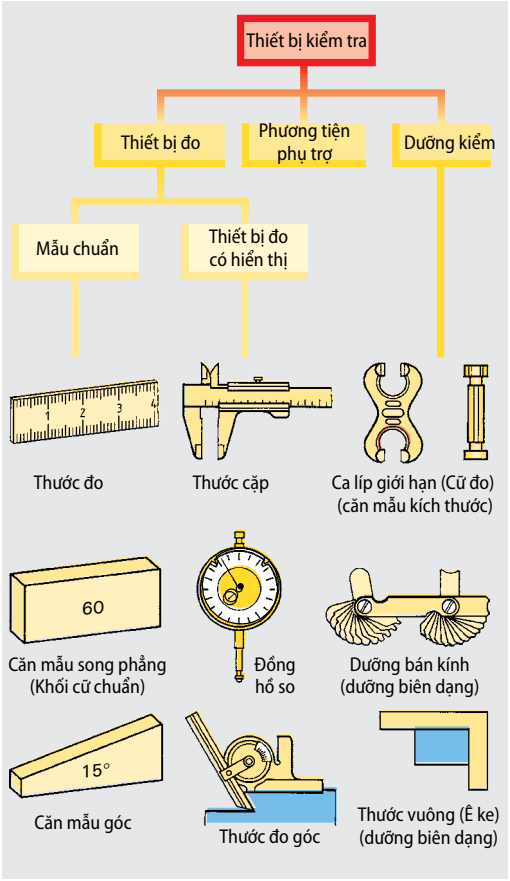
Thiết bị phụ trợ thí dụ như giá đo và các khối lăng trụ (khối V).

■ Các khái niệm về kỹ thuật đo lường

Để tránh hiểu lầm khi mô tả những quá trình đo lường hoặc phương pháp đánh giá, người ta cần phải có những khái niệm cơ bản rất rõ ràng (**Các bảng ở trang 11** và **12**)

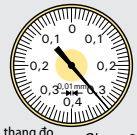
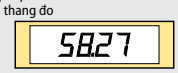


Hình 1: Các loại kiểm tra và kết quả kiểm tra



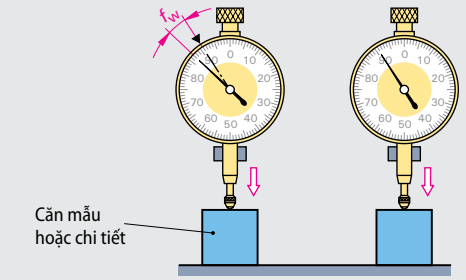
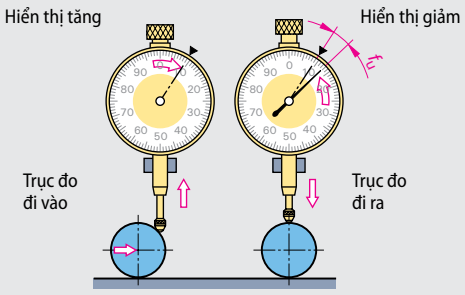
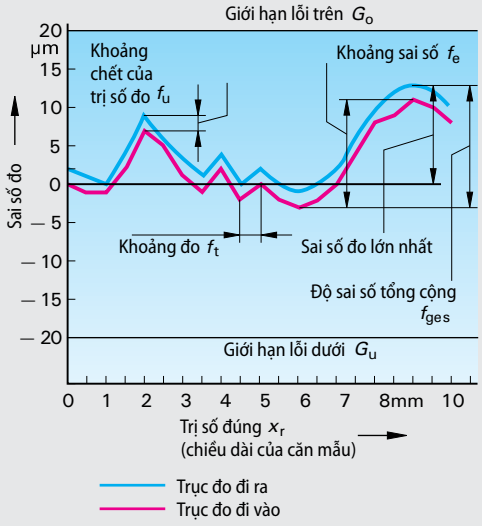
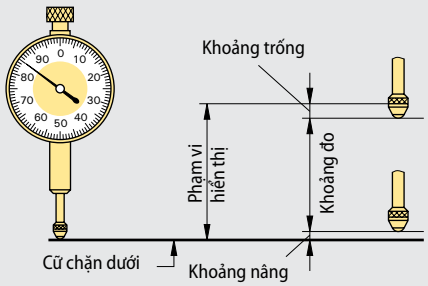
Hình 2: Thiết bị kiểm tra

Bảng 1: Các khái niệm về kỹ thuật đo lường

Khái niệm	Ký hiệu	Định nghĩa, giải thích	Thí dụ, công thức
Đại lượng đo	***M***	Độ dài cũng như góc để đo, thí dụ khoảng cách giữa các lỗ khoan hay đường kính.	
Hiển thị	**-**	Trị số hiển thị của trị số đo không có đơn vị (tùy thuộc vào phạm vi đo). Sự hiển thị tương ứng với chữ khắc trên mẫu chuẩn.	 Hiển thị thang đo Trị số phần chia thang đo *Skw* = 0,01mm
Hiển thị thang đo	**-**	Hiển thị liên tục trên thang vạch kẻ.	
Hiển thị số	**-**	Hiển thị bằng số trên thang số.	 Hiển thị số *Zw* = 0,01mm
Trị số chia của thang* *(Độ chia)*	***Skw*** **hay** →||←	Khác biệt giữa hai trị số đo, hai trị số đo này tương ứng với hai đường gạch liên tiếp trên thang. Độ chia *Skw* có đơn vị ghi trên thang đo.	
Trị số của hai số liên tục	***Zw***	Trị số của hai số liên tục tương ứng độ chia trên một thang vạch kẻ.	
Hiển thị của trị số đo	$x_a\ x_1, x_2 ...$	Từng trị số đo hoặc trị giá trung bình cộng được tạo thành từ trị số đúng và sai số đo ngẫu nhiên cũng như sai số đo hệ thống.	
Trị số trung bình cộng	$\bar{x}$	Thông thường trị số trung bình cộng $\bar{x}$ có được từ 5 lần đo lặp lại.	
Trị số thật	x_w	Người ta chỉ nhận được trị số thật khi đo trong điều kiện lý tưởng. Trị số thật x_w được tìm ra từ nhiều lần đo lặp lại và được hiệu chỉnh với trị số ước đoán của sai số hệ thống đã biết.	
Trị số đúng	x_r	Trị số đúng x_r được tìm ra qua hiệu chỉnh cho mẫu chuẩn. Nó sai không đáng kể so với trị số thật. Khi đo so sánh, thí dụ như với căn mẫu, thì có thể xem trị số đo là trị số đúng.	
Kết quả đo chưa điều chỉnh	x_a $x_1, x_2 ...$ $\bar{x}$	Trị số đã đo của một độ lớn, thí dụ trị số đo của một lần đo chưa hiệu chỉnh hoặc trị số trung bình cộng tìm ra qua nhiều lần đo liên tục, nhưng chưa được hiệu chỉnh với sai số hệ thống A_s. Thường trong kỹ thuật sản xuất vì sai số đã biết từ các lần đo trước hoặc từ các khảo sát năng lực (của phương pháp đo) nên chỉ đo một lần. Kết quả đo của một lần đo không chắc chắn (chính xác) bởi sai số ngẫu nhiên cũng như sai số hệ thống không được xác định.	
Sai số đo hệ thống	A_s	Sai số có được qua so sánh với trị số đo hiển thị x_a hoặc trị số trung bình cộng $\bar{x}_a$ với trị số đúng x_r (Trang 15).	$A_s = (x_a - x_r)$ $A_s = (\bar{x}_a - x_r)$
Trị số điều chỉnh	K	Cân bằng *(gia giảm)* với sai số hệ thống đã biết, thí dụ sai số của nhiệt độ.	$K = -A_s$ $K = (K_1 + K_2 ... + K_n)$
Độ bất định của phép đo*	u	Độ bất định của phép đo bao gồm tất cả các sai số ngẫu nhiên cũng như sai số hệ thống chưa biết được và không được điều chỉnh.	$U_c = \sqrt{u^2_{x1} + u^2_{x2} + ... + u^2_{xn}}$ $U = 2 \cdot u_c$ (Hệ số 2 cho mức độ tin cậy 95%)
Độ bất định chuẩn kết hợp	u_c	Tác dụng tổng hợp của nhiều thành phần bất định vào sự phân tán của trị số đo, thí dụ qua nhiệt độ, dụng cụ đo, người đo và phương pháp đo.	
Độ bất định mở rộng của phép đo	U	Độ bất định mở rộng cho biết phạm vi từ *y-U* đến *y+U* của kết quả đo, nơi mà người ta chờ đợi trị số thật của một độ lớn đo.	
Kết quả đo đã điều chỉnh	y	Trị số đo đã được điều chỉnh với sai số hệ thống đã biết được (*K*- điều chỉnh).	$y = x + K$ $(y = \bar{x} + K)$
Kết quả đo đầy đủ	Y	Kết quả đo *Y* là trị số thật cho độ lớn đo *M*. Nó bao gồm độ bất định mở rộng *U*.	$Y = y \pm U$ $(y = \bar{x} + K \pm U)$

* đặc điểm của thiết bị đo, được thông báo trong danh mục

Bảng 1: Các khái niệm về kỹ thuật đo lường

Khái niệm	Ký hiệu	Định nghĩa, giải thích	Thí dụ
Tính lặp lại được*	f_w	Tính lặp lại được của một thiết bị đo là khả năng khi đo 5 lần trong trường hợp thông thường của cùng một độ lớn trong cùng hướng đo, với cùng thiết bị đo, trong cùng điều kiện đo đạt được trị số đo gần giống nhau. Độ phân tán càng nhỏ thì phương pháp đo càng chính xác.	
Giới hạn lặp lại* (Khả năng lặp lại)	r	Giới hạn lặp lại (Ranh giới lặp lại) là trị số khác biệt của hai lần đo riêng lẻ với xác xuất là 95%.	
Độ rơ lúc nghịch chiều	f_u	Khoảng chết của trị số đo *(Khoảng nghịch chiều của trị số đo)* của một thiết bị đo là sự khác nhau của hiển thị khi đo cùng một độ lớn, lần đầu thì đo với hiển thị lớn dần (trục xoay đo đi vào) và lần thứ nhì thì đo với hiển thị nhỏ dần (trục xoay đo đi ra). Trị số đo độ rơ lúc nghịch chiều được xác định bằng những lần đo riêng lẻ ở bất kỳ trị số trong phạm vị đo hoặc có thể lấy từ biểu đồ của độ lệch *(sai số)*.	
Khoảng (độ) sai số*	f_e	Khoảng sai số là hiệu số giữa độ sai số lớn nhất và độ sai số nhỏ nhất trong toàn bộ phạm vi đo. Nó được tìm ra bằng đồng hồ đo hoặc đồng hồ đo chính xác khi trục đo đi vào.	
Khoảng sai số tổng cộng	f_{ges}	Độ sai số tổng cộng f_{ges} của các đồng hồ đo được tìm qua các phép đo trong toàn bộ phạm vi đo với trục xoay đo đi vào và đi ra.	
Giới hạn lỗi*	G	Giới hạn lỗi là trị số giới hạn sai số được thỏa thuận hoặc được đưa ra từ nhà sản xuất cho sai số của một thiết bị đo. Nếu những trị số này bị vượt qua thì sai số sẽ trở thành lỗi. Khi sai số giới hạn trên và dưới bằng nhau thì trị số đưa ra được áp dụng cho cả hai giới hạn sai số, thí dụ $G_o = G_u = 20$ µm.	
Phạm vi đo*	*Meb*	Phạm vi đo là phạm vi của trị số đo, trong đó giới hạn lỗi của thiết bị đo không bị vượt qua (sai số nhỏ hơn giới hạn lỗi).	
Khoảng đo	*Mes*	Khoảng đo là hiệu số giữa trị số cuối và trị số đầu của phạm vi đo.	
Phạm vi hiển thị	*Az*	Phạm vi hiển thị là phạm vi giữa hiển thị lớn nhất và hiển thị nhỏ nhất.	

* đặc điểm của thiết bị đo, được thông báo trong danh mục

1.2.2 Sai lệch đo

■ Nguyên nhân của các sai lệch đo

(Bảng 1, trang 14)

Sự khác biệt với nhiệt độ chuẩn 20°C thường gây ra sai lệch đo, khi các chi tiết và các thiết bị đo cũng như dưỡng được sử dụng để kiểm soát không cùng một vật liệu và không cùng một nhiệt độ (**Hình 1**).

Căn mẫu bằng thép dài 100 mm sẽ thay đổi chiều dài 4,6 µm khi nhiệt độ thay đổi 4°C, thí dụ qua hơi nóng của bàn tay.

> Ở **nhiệt độ chuẩn 20°C** các chi tiết, các dưỡng và thiết bị đo nên ở trong độ dung sai đã qui định.

Sự thay đổi hình dạng bởi lực đo xuất hiện ở các chi tiết, các thiết bị đo và các giá kê đo có tính đàn hồi.

Sự uốn cong có tính đàn hồi của giá kê đo không ảnh hưởng tới trị số đo, nếu khi đo với cùng lực đo như khi điều chỉnh về không với căn mẫu đo (**Hình 2**).

> Sai số đo sẽ giảm đi, khi sự hiển thị của thiết bị đo được chỉnh với cùng các điều kiện như lúc đo chi tiết.

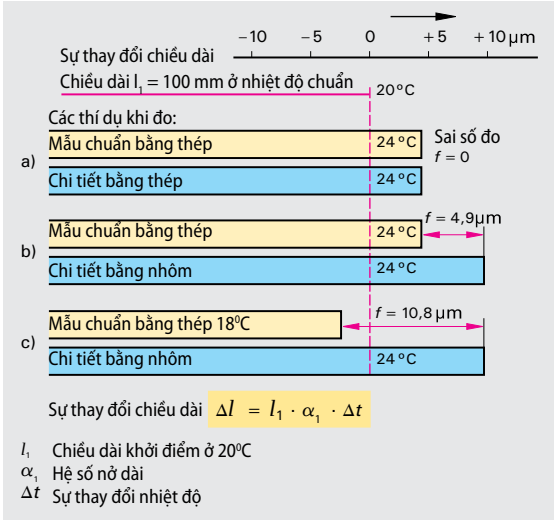
Sai số đo vì nhìn sai (**thị sai**) khi đọc dưới một góc nghiêng (**Hình 3**).

■ Các loại sai số

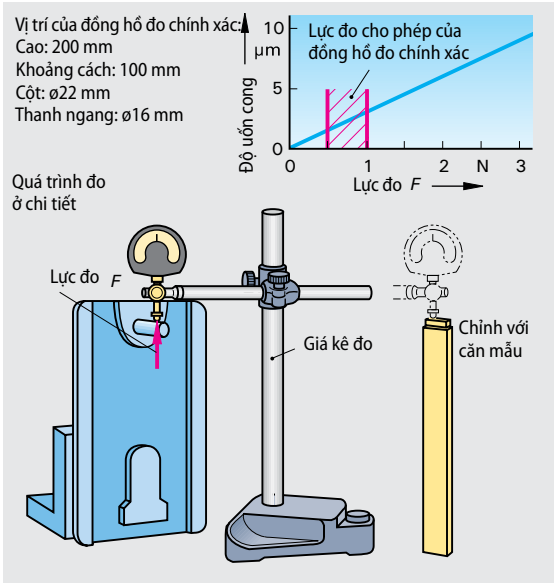
Sai số hệ thống gây ra bởi sự sai lệch cố định: nhiệt độ, lực đo, bán kính của đầu đo, sự không chính xác của thang (đo).

Sai số ngẫu nhiên không thể nhận biết được về độ lớn và chiều của nó. Các nguyên nhân có thể là sự biến động không rõ nguồn gốc của lực đo hoặc nhiệt độ.

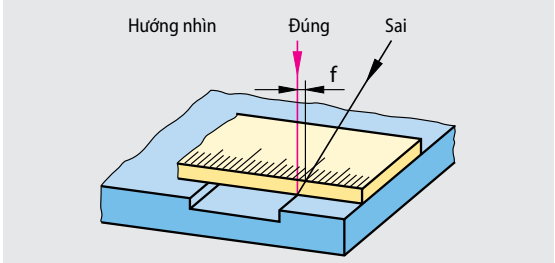
> **Các sai số hệ thống** làm cho trị số đo sai. Khi biết độ lớn và chiều (+ hoặc -) của sai số ta có thể điều chỉnh nó.
>
> **Các sai số ngẫu nhiên** làm cho trị số đo trở nên bất định. Các sai số ngẫu nhiên không rõ nguồn gốc thì không thể điều chỉnh được.



Hình 1: Sai lệch đo vì nhiệt độ



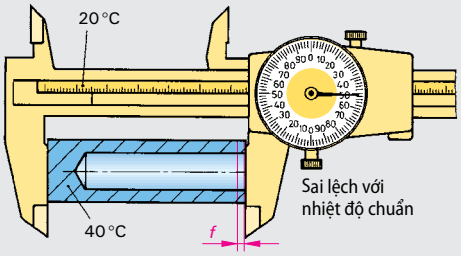
Hình 2: Sai lệch đo vì sự biến dạng có tính đàn hồi của giá kê đo qua lực đo



Hình 3: Sai lệch đo vì nhìn sai

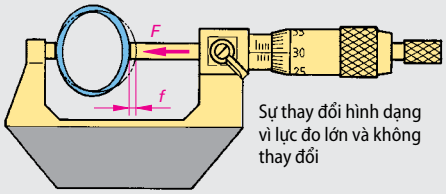
Bảng 1: Nguyên nhân và các loại sai lệch

Các sai lệch hệ thống



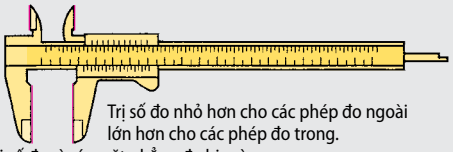
Sai lệch với nhiệt độ chuẩn

Trị số đo quá lớn vì nhiệt độ của chi tiết quá cao



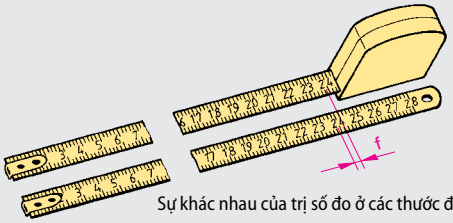
Sự thay đổi hình dạng vì lực đo lớn và không thay đổi

Trị số đo nhỏ hơn vì ảnh hưởng của lực đo

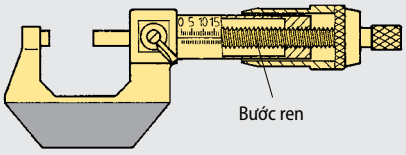


Trị số đo nhỏ hơn cho các phép đo ngoài lớn hơn cho các phép đo trong.

Sai số đo vì các mặt phẳng đo bị mòn

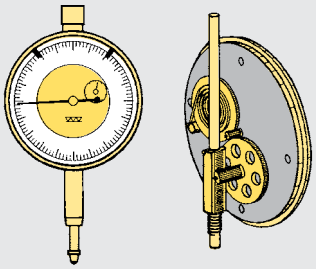


Sự khác nhau của trị số đo ở các thước đo



Bước ren

Ảnh hưởng vì sai số của bước ren vào trị số đo

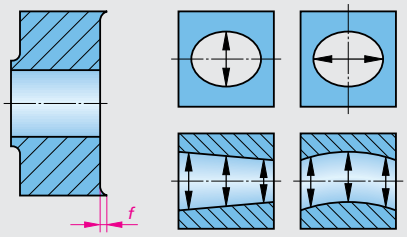


Sự sai lệch nhỏ trong tỷ số truyền động có tác dụng làm hiển thị sai (có thể đo được) tùy theo vị trí của trục đo

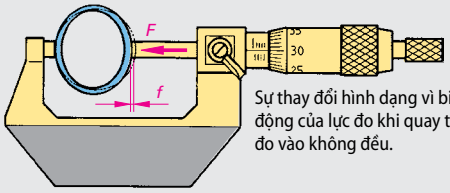
Sự chuyển dịch không đều của chuyển động trục đo

Các sai lệch ngẫu nhiên

Ba via,
Phoi,
Chất bẩn,
Mỡ

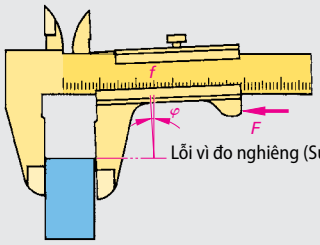


Sự bất định vì bề mặt không sạch và sai số hình dạng



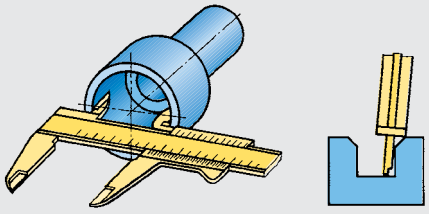
Sự thay đổi hình dạng vì biến động của lực đo khi quay trục đo vào không đều.

Sự phân tán của các trị số đo vì sự thay đổi của lực đo

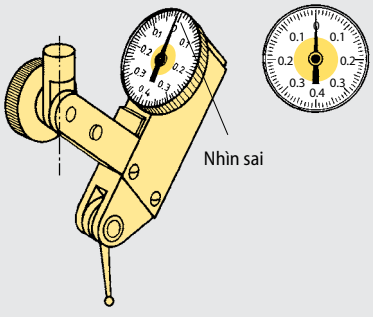


Lỗi vì đo nghiêng (Sự sai nghiêng)

Lỗi vì đo nghiêng tùy thuộc vào lực đo và độ hở của thanh dẫn hướng



Đặt thước cặp không chắc chắn trong các phép đo trong



Nhìn sai

Đọc sai vì góc nhìn nghiêng (nhìn sai)

Sai số hệ thống có thể xác định được qua **phép đo so sánh** với các thiết bị đo chính xác hoặc căn mẫu.

Thí dụ như khi kiểm tra một pan me (vi kế), hiển thị được so sánh với căn mẫu (**Hình 1**). Trị số danh nghĩa của căn mẫu (chữ khắc) có thể xem là trị số đúng. **Sai số** hệ thống A_s của một trị số đo riêng lẻ bằng hiệu số của trị số hiển thị x_a và trị số đúng x_r.

Kiểm tra sai số đo của một pan me đo ngoài trong khoảng đo từ 0 mm đến 25 mm, ta sẽ có được biểu đồ của sai số đo (**Hình 1**). Ở pan me, phép đo so sánh được thực hiện với các căn mẫu được quy định qua các góc quay khác nhau của trục đo.

Giới hạn lỗi và dung sai

- Giới hạn lỗi *G* không được vượt qua bất kỳ vị trí nào trong phạm vi đo.
- Trong trường hợp bình thường của kỹ thuật đo lường các giới hạn lỗi cân đối xứng nhau. Các giới hạn lỗi bao gồm các sai số của phần tử đo, thí dụ các sai số về độ phẳng.
- Sự tuân thủ giới hạn lỗi G có thể được kiểm tra bằng thanh mẫu với bậc dung sai 1 theo DIN EN ISO 3650.

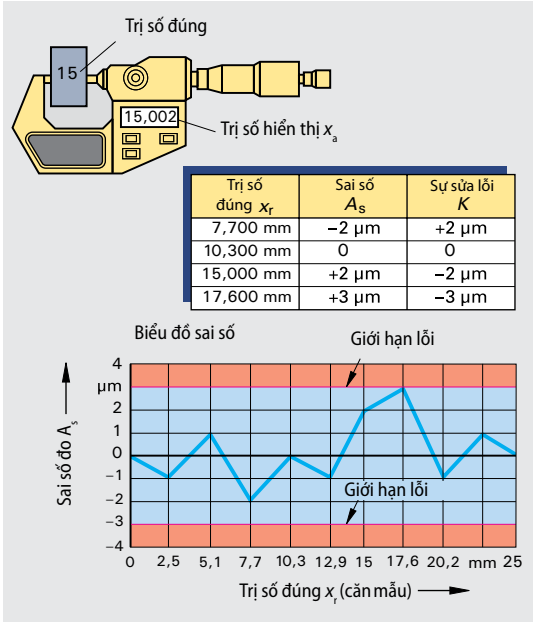
Để đạt được sự giảm thiểu sai số hệ thống người ta **điều chỉnh về "không" cho hiển thị** (**Hình 2**). Điều chỉnh về "không" được thực hiện với các căn mẫu tương ứng với kích thước kiểm tra của chi tiết. Sự phân tán ngẫu nhiên được tìm ra qua **các phép đo nhiều lần dưới cùng các điều kiện lặp lại** (**Hình 3**):

Qui tắc làm việc cho các phép đo với cùng các điều kiện lặp lại

- Phép đo lặp lại với cùng một độ lớn và cùng chi tiết nên được thực hiện tuần tự liên tiếp.
- Thiết bị đo, phương pháp đo, người kiểm tra và các điều kiện chung quanh không được thay đổi trong khi đo lặp lại.
- Để tránh ảnh hưởng của sai số độ tròn vào độ phân tán của phép đo, phải luôn luôn đo ở cùng một chỗ.

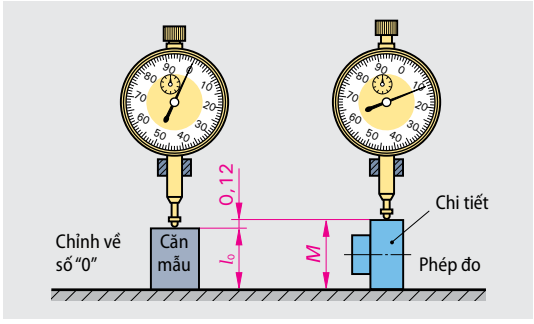
Sai số hệ thống của phép đo được xác định với phép đo so sánh.

Sai số ngẫu nhiên được tìm ra qua phép đo lặp lại nhiều lần.

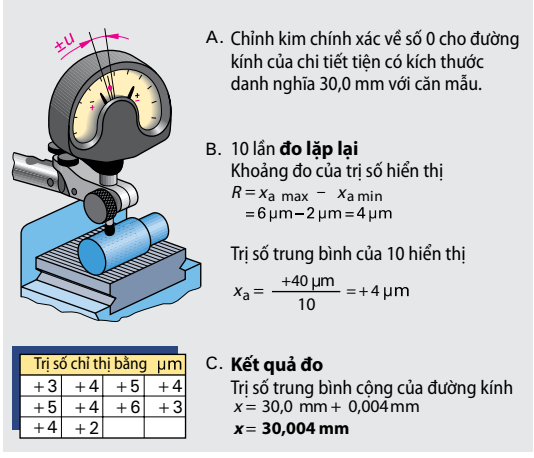


Trị số đúng x_r	Sai số A_s	Sự sửa lỗi K
7,700 mm	−2 µm	+2 µm
10,300 mm	0	0
15,000 mm	+2 µm	−2 µm
17,600 mm	+3 µm	−3 µm

Hình 1: Sai số hệ thống của một pan me đo ngoài



Hình 2: Điều chỉnh về "không" cho hiển thị và phép đo so sánh



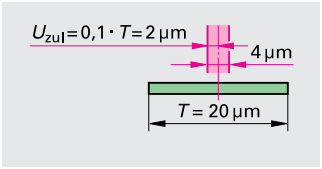
Trị số chỉ thị bằng µm			
+3	+4	+5	+4
+5	+4	+6	+3
+4	+2		

Hình 3: Sai số ngẫu nhiên của một đồng hồ đo chính xác trong phép đo với cùng các điều kiện lặp lại

1.2.3 Khả năng của phương tiện đo lường và giám sát phương tiện kiểm tra

■ Khả năng của phương tiện đo lường

Sự lựa chọn các phương tiện đo phải hướng tới việc phù hợp với các điều kiện ở nơi đo đạc và độ dung sai đã định trước của đặc tính để kiểm tra, thí dụ như chiều dài,đường kính hoặc độ tròn. Số lượng người kiểm tra cũng quan trọng, thí dụ như khi đang kiểm tra cùng một vật mà thay ca làm cùng với việc đổi người kiểm tra thì độ bất định của phép đo sẽ lớn hơn.



Hình1: Độ không chính xác cho phép của phép đo

Thiết bị đo được xem là có khả năng, khi độ bất định lớn nhất của phép đo bằng 10 % của dung sai kích thước hay hình dạng.

Độ bất định của phép đo $U_{zul} = 1/10 \cdot T$ (Hình 1)

Phương pháp đo với độ bất định nhỏ đáng kể hơn $1/10 \cdot T$ thì thích hợp nhưng rất tốn kém. Độ bất định của phép đo lớn hơn sẽ dẫn đến tình trạng rất nhiều chi tiết không được xác định rõ ràng là "tốt" hay "bị loại" vì trị số đo nằm trong phạm vi không chính xác của phép đo (**Hình 2**). Độ bất định của phép đo U càng nhỏ thì khu vực chính xác của kỹ thuật đo càng lớn.

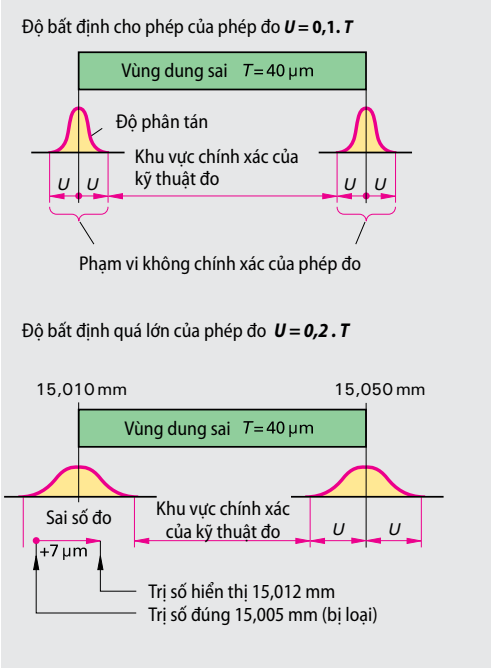
Các trị số đo nằm trong khu vực chính xác của kỹ thuật đo, thì chắc chắn sẽ có sự phù hợp *(ăn khớp)* giữa trị số đo và dung sai.

Thí dụ về hệ quả của độ bất định quá lớn $U = 0,2 \cdot T$ (Hình 2): Tuy trị số đúng 15,005 mm nằm ngoài dung sai nhưng trị số đo với sai số + 7 µm nên có chỉ thị là 15,012 mm, trị số này dường như nằm trong dung sai. Qua đó không nhận ra được chi tiết phải loại bỏ. Ngược lại một trị số nằm trong dung sai nhưng vì sai số đo có trị số hiển thị nằm ngoài dung sai. Trong trường hợp này một chi tiết "tốt" sẽ bị loại bỏ vì nhầm lẫn.

Có thể **đánh giá gần đúng khả năng của thiết bị đo lường** khi biết được độ bất định của phép đo đã dự tính (**Bảng 1**).

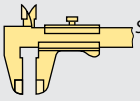
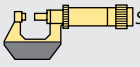
Dưới những điều kiện làm việc trong hãng xưởng, độ bất định của thiết bị đo cơ khí cầm tay mới hay còn mới được xem vào khoảng 1 độ chia (1Skw) còn đối với thiết bị điện tử thì vào khoảng 3 độ chia (3Zw).

Các máy đo trong sản xuất được lựa chọn sao cho độ bất định của phép đo U nhỏ không đáng kể so với dung sai của chi tiết. Do đó có thể xem trị số hiển thị là kết quả đo.



Hình 2: Độ bất định của phép đo so với dung sai

Bảng 1: Độ bất định của phép đo

Thiết bị đo	Độ bất định dự kiến của phép đo	Giới hạn lỗi G của các máy đo mới
 *Skw* = 0,05mm Phạm vi đo 0... 0,150 mm	**$U \geq 50\,\mu m$**	50 µm
 *Skw* = 0,01mm Phạm vi đo 50... 75 mm	**$U \approx 10\,\mu m$**	*5* µm
Skw = 1µm Phạm vi đo ± 50 µm	**$U \approx 1\,\mu m$**	1 µm

■ Khả năng của thiết bị đo với dung sai định trước

Thí dụ: Với 1 pan me *(vi kế)* cơ đo ngoài (Giá trị vạch đo *Skw* = 0,01 mm) để đo một đường kính với kích thước giới hạn 20,40 mm và 20,45 mm. Hãy đánh giá khả năng (năng lực) đo lường của pan me theo sự lệ thuộc vào độ chính xác đã dự tính và độ dung sai định trước (Dung sai T = 0,05 mm).

Lời giải: Độ bất định gần bằng 1 trị số chia (vạch kẻ) của vạch đo (0,01 mm). Vì độ bất định này, khi chỉ thị là 20,45 mm thì giá trị đo đúng nằm giữa 20,44 mm và 20,46 mm.

Độ bất định dự tính của pan me: U = 0,01 mm

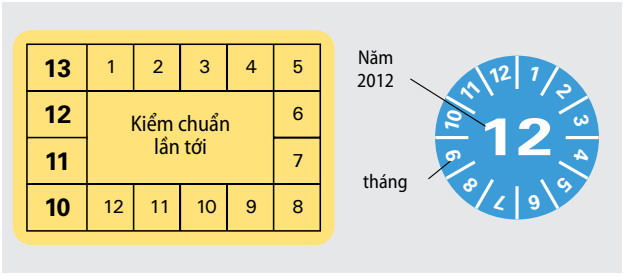
Độ bất định cho phép: $U_{zul} = 0,1 \cdot T = 0,1 \cdot 0,05$ mm = **0,005 mm**

Pan me không thích hợp với độ dung sai đã qui định, vì độ bất định của phép đo quá lớn. Nên sử dụng đồng hồ đo điện tử hoặc đồng hồ đo chính xác, vì các máy đo này làm việc chính xác hơn, thể hiện qua độ phân tán nhỏ.

■ Giám sát phương tiện kiểm tra

Ở các máy đo có chỉ thị, sai số hệ thống giữa hiển thị và trị số đúng được xác định qua hiệu chuẩn. Việc này được thực hiện bằng cách so sánh với căn mẫu hoặc với các thiết bị có độ chính xác cao hơn. Độ sai số tìm ra được ghi lại trên giấy kiểm chuẩn và có thể lưu làm tài liệu với biểu đồ sai số (hình 1, trang 15).

Hiệu chuẩn được chứng nhận trên một nhãn kiểm tra đặc biệt, trên đó chỉ báo thời gian lần kiểm chuẩn kế tiếp (**Hình 1**).



Hình 1: Nhãn cho các máy đo đã hiệu chuẩn

Hiệu chuẩn là tìm sai số hiện có của một máy đo với trị số đúng. Một thiết bị đo còn tốt và được sử dụng khi sai số tìm được nằm trong giới hạn đã qui định.
Kiểm chuẩn *(hiệu chuẩn qua một cơ quan kiểm định)* một thiết bị kiểm tra bao gồm kiểm tra và đóng dấu (đã kiểm tra) của cơ quan kiểm định nhà nước. Các loại cân bắt buộc phải được kiểm chuẩn, nhưng các máy đo trong sản xuất thì không.
Khi **hiệu chỉnh** máy đo được thay đổi sao cho có độ sai số nhỏ nhất. Thí dụ như thay đổi các quả cân của một cái cân.
Chỉnh là điều khiển hiển thị đạt một trị số nhất định, thí dụ chỉnh "không".

Ôn tập và đào sâu

1. Sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên tác động như thế nào vào kết quả đo?
2. Cách tìm sai số hệ thống của một pan me?
3. Tại sao lại có khó khăn khi đo chi tiết gia công có thành mỏng?
4. Tại sao có thể xuất hiện sai số đo qua sự khác biệt nhiệt độ qui định ở máy đo và ở chi tiết gia công?
5. Nguyên nhân nào có thể gây ra sai số hệ thống ở pan me?
6. Tại sao khi đo ở nhà máy hoặc phân xưởng thì trị số chỉ thị được xem là kết quả đo, trong khi ở phòng thí nghiệm đo lường trị số chỉ thị thường được điều chỉnh lại?
7. Lợi điểm của phép đo chênh lệch và chỉnh "không" của đồng hồ đo?
8. Tại sao sự khác biệt với nhiệt độ chuẩn của chi tiết gia công bằng nhôm lại gây khó khăn đặc biệt cho kỹ thuật đo?
9. Sự thay đổi chiều dài của một căn mẫu đo song phẳng *(Thanh chuẩn)* (l = 100 mm, a = 0,000016 1/^{0}C) là bao nhiêu, khi nó được bàn tay làm nóng từ 20^{0}C lên 25^{0}C?
10. Sai số đo lớn nhất cho phép bằng bao nhiêu phần trăm của dung sai của chi tiết gia công để có thể xem là không đáng kể khi kiểm tra?
11. Độ không chính xác được chờ đợi ở một đồng hồ đo cơ khí với *Skw* (giá trị vạch thang đo)= 0,01 mm là bao nhiêu?

1.3 Phương tiện kiểm tra độ dài

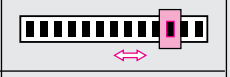
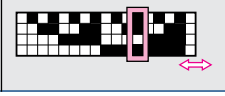
1.3.1 Thước dài, thước thẳng, thước góc, dưỡng kiểm và căn mẫu

■ Thước dài, thước thẳng, thước góc

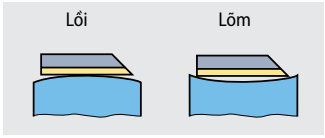
Các thước dài với các vạch kẻ tượng trưng cho kích thước chiều dài bằng các khoảng cách của các vạch kẻ. Sự chính xác của các độ chia được biểu hiện qua giới hạn lỗi của thước dài (**Bảng 1**). Khi sai lệch giới hạn trên G_o của thước dài bị vượt qua hoặc sai lệch giới hạn dưới G_u ($G_u = G_o$) không đạt được sẽ sinh ra lỗi đo.

Các thước dài cho hệ thống đo hành trình (**đường đi**), thí dụ bằng thủy tinh hoặc thép làm việc theo nguyên tắc tìm dò bằng quang điện. Các cảm biến ánh sáng (pin quang voltaic) tạo ra tín hiệu điện áp tương ứng với những ô sáng tối đã tìm dò. Ở thước dài gia số, đoạn đường đi của máy công cụ hoặc thiết bị đo được đo bằng cách cộng tiếp các xung của ánh sáng. Mẫu chuẩn là một lưới kẻ ô rất chính xác. Thước đo tuyệt đối có thể hiển thị vị trí hiện tại của đầu đo qua cách mã hóa.

Bảng 1: Giới hạn lỗi của thước dài với chiều dài 500 mm

Các loại		Sai số giới hạn $G_o = G_u$
Thước so sánh		7.5 µm
Thước làm việc		30 µm
Thước thép uốn cong được		75 µm
Thước dây		100 µm
Thước xếp		1 mm
Thước đo xung		0.5... 20 µm
Thước tuyệt đối		

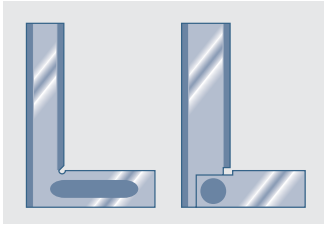
Thước thẳng dùng để kiểm tra độ thẳng và độ phẳng (**Hình 1**). Thước tóc *(lưỡi dao thẳng)* có cạnh kiểm tra được mài miết bóng với độ thẳng rất chính xác để có thể nhận ra được sự khác biệt của các khe sáng nhỏ với mắt thường.



Hình 1: Kiểm tra độ thẳng với thước tóc (thước ánh sáng)

> Khi chi tiết được kiểm tra với thước tóc đối diện ánh sáng người ta nhận biết được sự sai lệch từ 2 µm qua khe sáng giữa cạnh kiểm tra và chi tiết gia công.

Thước góc cố định là dưỡng hình dạng và thường có góc vuông 90^0. Thước tóc đo góc với chiều dài chân đo đến 100 x 70 mm, với độ chính xác 00 có trị số giới hạn của sự sai lệch góc vuông chỉ 3 µm (**Hình 2**). Ở độ chính xác 0 trị số giới hạn là 7 µm. Với thước tóc đo góc, người ta có thể kiểm tra được độ vuông góc và độ phẳng hay điều chỉnh cho thẳng các mặt hình trụ hoặc mặt phẳng.



Hình 2: Thước tóc đo góc 90^0

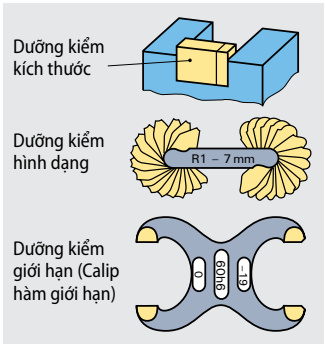
■ Dưỡng kiểm (Rập)

Dưỡng kiểm tượng trưng cho kích thước hoặc hình dạng, thông thường dựa vào các kích thước giới hạn (**Hình 3**).

Dưỡng kiểm kích thước là những thành phần của một bộ dưỡng kiểm kích thước, trong đó các thiết bị có kích thước lớn dần, thí dụ căn mẫu song phẳng, chốt kiểm tra.

Dưỡng kiểm hình dạng (Rập) có thể kiểm tra góc, bán kính hoặc ren với phương pháp sử dụng khe ánh sáng.

Dưỡng kiểm giới hạn (Cữ đo) tượng trưng của kích thước cho phép lớn nhất và nhỏ nhất. Ở vài dưỡng kiểm, ngoài biểu tượng cho kích thước nó còn biểu tượng cho hình dạng, để có thể kiểm tra cả kích thước và hình dạng, thí dụ như dạng trụ của lỗ khoan hoặc prôfin của ren.



Hình 3: Các loại dưỡng kiểm (Rập)

■ Dưỡng kiểm giới hạn (Cữ đo giới hạn)

Kích thước giới hạn của chi tiết gia công chứa dung sai có thể được kiểm tra tùy theo trường hợp bằng cữ đo trục cho lỗ hoặc cữ đo tròn trơn cho trục (**Hình 1, Hình 2** và **Hình 3**).

Nguyên tắc Taylor: Cữ đầu lọt phải được cấu tạo sao cho kích thước và hình dạng của chi tiết gia công được kiểm tra khi ghép với dưỡng kiểm (Hình 1). Chỉ nên kiểm tra kích thước riêng lẻ với cữ không lọt, thí dụ như đường kính.

Calip tốt tượng trưng cho kích thước **và** hình dạng
Calip không lọt chỉ thuần là calip kích thước
Calip lọt (**Calip tốt**) biểu tượng kích thước lớn nhất cho trục và kích thước nhỏ nhất cho lỗ
Calip không lọt (**Calip loại**) biểu tượng kích thước nhỏ nhất cho trục và kích thước lớn nhất cho lỗ. Do đó chi tiết gia công nào để calip loại đặt vào được sẽ bị loại bỏ.

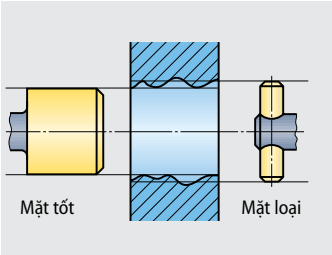
Người ta dùng **cữ giới hạn đo trong để** kiểm tra lỗ khoan và rãnh (**Hình 4**). Đầu tốt phải trượt vào trong lỗ khoan bằng trọng lượng của chính nó, đầu không lọt chỉ được phép chạm nhẹ. Các thanh bằng hợp kim cứng được sử dụng để giảm hao mòn cho đầu hình trụ dài hơn ở đầu tốt. Đầu loại có một đầu hình trụ kiểm tra ngắn, được đánh dấu màu đỏ và khắc kích thước giới hạn sai số dưới.

Cữ đo giới hạn thích hợp để kiểm tra đường kính và độ dầy của chi tiết gia công.(**Hình 5**). Đầu tốt biểu tượng kích thước lớn nhất cho phép. Nó phải trượt vào chỗ kiểm tra nhờ trọng lượng của chính nó. Đầu không lọt thì nhỏ hơn một trị số bằng dung sai, và chỉ được phép chạm nhẹ vào. Đầu loại có mặt kiểm tra hơi nghiêng, được đánh dấu đỏ và được khắc sai lệch giới hạn dưới.

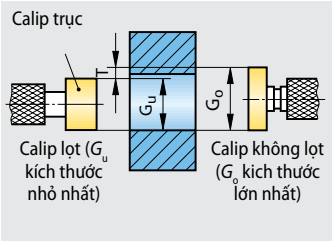
Kết quả kiểm tra với calip là **tốt** hoặc **bị loại**. Calip không cho trị số đo vì vậy kết quả kiểm tra không được dùng để quản lý chất lượng.
Sự biến động của lực đo và sự hao mòn của calip gây ảnh hưởng rất lớn đến kết quả kiểm tra.
Ở dưỡng kiểm kích thước đo và dung sai càng nhỏ thì sự kiểm tra càng không chính xác. Vì thế hầu như không thể kiểm tra với calip khi cấp dung sai nhỏ hơn 6 (< IT6).

Ôn tập và đào sâu

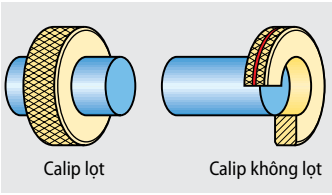
1. Tại sao thước thẳng và thước tóc đo góc có cạnh kiểm tra được mài bóng (mài nghiền)?
2. Tại sao kiểm tra với calip không thích hợp để điều chỉnh chất lượng, thí dụ khi tiện?
3. Tại sao calip hàm giới hạn không tương ứng với nguyên tắc Taylor?
4. Qua dấu hiệu nào người ta nhận biết được đầu không lọt của calip?
5. Tại sao đầu lọt của calip bị hao mòn nhanh hơn đầu không lọt?



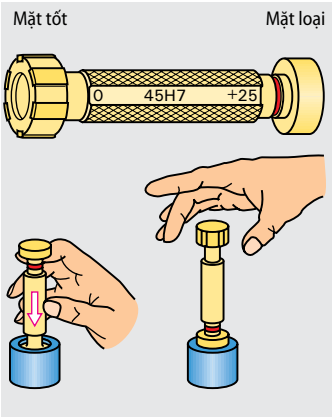
Hình 1: Cữ giới hạn Taylor



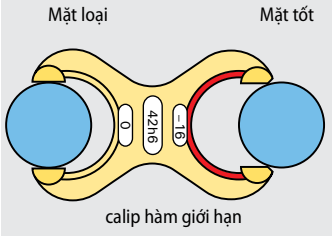
Hình 2: Calip giới hạn



Hình 3: Calip đo ngoài (Calip vòng cữ đo tròn trơn)



Hình 4: Calip đo trong (Cữ đo trụ)



Hình 5: Cữ đo hàm giới hạn cho hình trụ

■ Căn mẫu song phẳng (Khối cữ chuẩn hay can mẫu)

Căn mẫu song phẳng là mẫu kích thước chính xác nhất và quan trọng nhất để kiểm tra độ dài. Độ chính xác kích thước của căn mẫu tùy thuộc vào bậc dung sai và kích thước danh nghĩa (**Bảng 1** và **Hình 1**). Dung sai cho khoảng sai lệch t_v giới hạn sai lệch của độ phẳng và độ song song; sai lệch giới hạn t_e diễn tả sự sai lệch chiều dài cho phép so với kích thước danh nghĩa.

Bảng 1: Căn mẫu song phẳng
(Trị số bằng µm cho kích thước danh nghĩa 10... 25 mm)

Bậc dung sai	Dung sai cho khoảng sai lệch t_v	Sai lệch giới hạn của độ dài t_e	Ứng dụng
K	0,05	+ 0,3	Mẫu chuẩn dùng để hiệu chuẩn căn chuẩn và điều chỉnh các thiết bị đo chính xác và dưỡng.
0	0,1	+ 0,14	Chỉnh và hiệu chuẩn các thiết bị đo và dưỡng kiểm trong các phòng đo đạc có điều hòa không khí.
1	0,16	+ 0,3	Mẫu chuẩn thường được sử dụng nhiều nhất để kiểm tra trong các phòng đo đạc và trong sản xuất
2	0,3	+ 0,6	Mẫu chuẩn thường dùng để điều chỉnh và kiểm tra công cụ, máy móc và thiết bị gá lắp.

Căn mẫu đo ở **bậc hiệu chỉnh K** có sai số nhỏ nhất về độ phẳng và độ song song rất quan trọng cho phép đo chính xác và sự kết hợp các căn mẫu (**Hình 3**). Sai số giới hạn tương đối lớn của chiều dài được cân bằng lại bằng trị số bù K đã biết (trang 11). Với căn mẫu **cấp bậc dung sai K** và **0** người ta có thể gắn với nhau mà không cần dùng lực (**Hình 2**). Để sắp xếp một kết hợp căn mẫu người ta bắt đầu với căn mẫu nhỏ nhất (**Bảng 2** và hình 3). **Căn chuẩn bằng thép** được đẩy dính nhau sau một thời gian có khuynh hướng hàn lạnh với nhau**,** vì vậy phải tách chúng ra sau khi sử dụng.

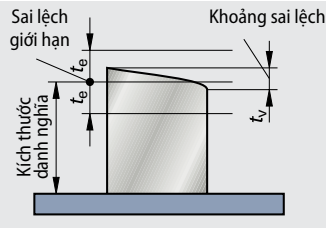
Căn mẫu đo bằng hợp kim cứng bị hao mòn ít hơn 10 lần so với căn chuẩn bằng thép. Điều bất lợi là độ giãn nở nhiệt của căn mẫu ít hơn 50%, có thể dẫn đến sai số đo cho vật gia công bằng thép. Hợp kim cứng có tính chất dính (chặt) nhau tốt nhất khi bị đẩy trượt.

Căn mẫu đo bằng gốm có độ giãn nở nhiệt giống như thép. Nó đặc biệt ít bị hao mòn, có sức bền chống vỡ và ăn mòn.

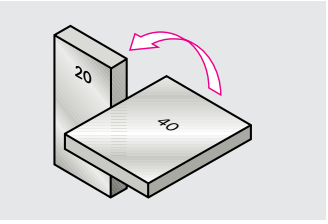
Với căn mẫu đo và chốt kiểm tra các thiết bị đo và dưỡng kiểm được kiểm tra (**Hình 4**). Bộ căn mẫu song phẳng thường có 46 phần, chia làm 5 nhóm theo kích thước (**Bảng 3**).

Qui tắc làm việc khi sử dụng căn mẫu

- Trước khi sử dụng không được lau sạch căn mẫu với chất không phải là sợi (giẻ lau bằng len).
- Vì sai số tổng cộng của nhiều căn mẫu, khi kết hợp nên dùng số lượng căn mẫu càng ít càng tốt.
- Căn mẫu bằng thép không được để dính vào nhau lâu hơn 8 tiếng đồng hồ vì nếu không chúng sẽ bị hàn lạnh.
- Sau khi sử dụng căn chuẩn bằng thép hoặc hợp kim cứng phải được làm sạch và bôi mỡ (mỡ vaselin không chứa axít).



Hình 1: Sai lệch của căn mẫu



Hình 2: Đẩy dính căn mẫu

Hình 3: Sự kết hợp các căn mẫu

Hình 4: Kiểm tra calip hàm giới hạn với căn mẫu và chốt kiểm tra.

Bảng 2: Kết hợp kích thước

Căn mẫu 1	1,003 mm
Căn mẫu 2	9,000 mm
Căn mẫu 3	50,000 mm
Kết hợp kích thước**:**	60,003 mm

Bảng 3: Bộ căn mẫu
(Bộ khối cữ chuẩn)

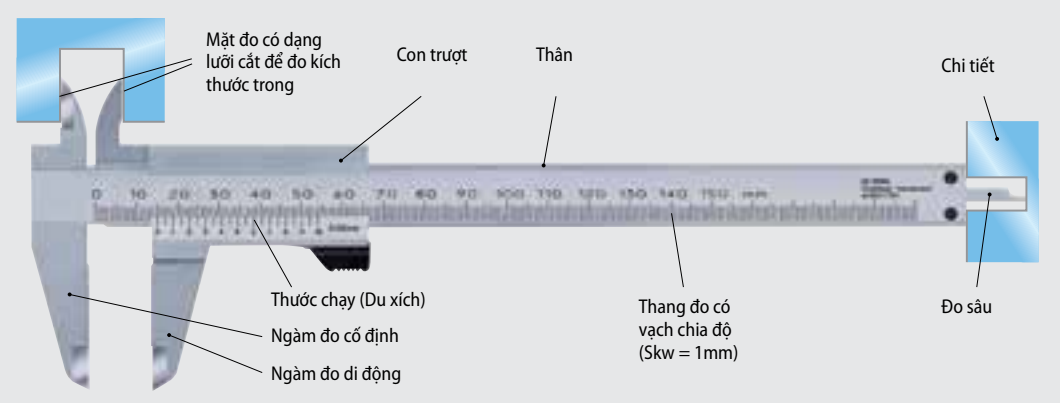
Nhóm	Kích thước danh nghĩa	Bậc
1	1,001... 1,009	0,001
2	1,01... 1,09	0,01
3	1,1... 1,9	0,1
4	1... 9	1
5	10... 100	10

1.3.2 Thiết bị đo cơ và điện tử

Các dụng cụ đo cầm tay như thước cặp, đồng hồ so hay đồng hồ đo chính xác được thiết kế theo dạng cơ với giá thành rẻ hoặc được bố trí trong các hệ thống đo điện tử.

■ Thước cặp

Thước cặp là dụng cụ đo rất thông dụng trong ngành kim khí vì dễ sử dụng để đo kích thước ngoài, trong và độ sâu (**Hình 1**).



Hình 1: Thước cặp bỏ túi với thước chạy 1/20 mm

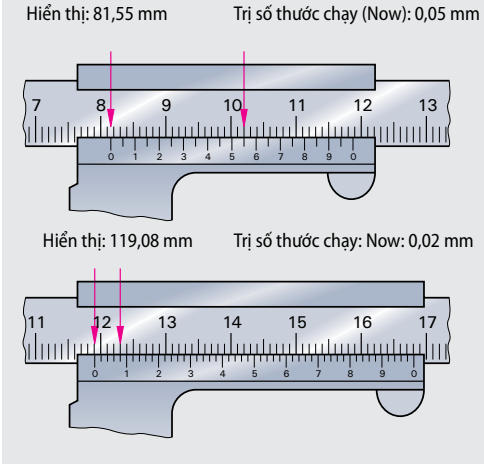
Thước cặp bỏ túi gồm có một thân với thang kẻ vạch chia milimét và một ngàm đo di động (con trượt) với một thước chạy (du xích, vecniê) (**Hình 1**). Khả năng đọc (kết quả đo) của thước chạy sinh ra từ sự khác biệt giữa độ phân chia chính trên thanh ray và độ phân chia của thước chạy.

Cho **thước chạy với độ chia 1/20 mm**, 39 mm được chia thành 20 phần (**Hình 2**). Qua đó cho ra trị số của thước chạy (**Now**) **= 0,05 mm**, là sự thay đổi nhỏ nhất của độ lớn đo có thể hiển thị được.

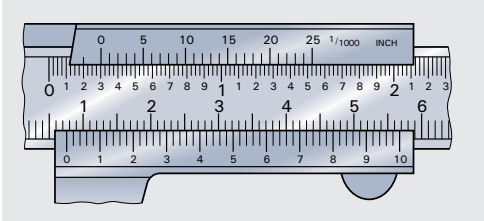
Thước chạy 1/50 đạt đến giới hạn nhìn rõ của mắt (**Hình 2**). Điều này và trị số của thước chạy = 0,02 mm (1/50 mm) thường dẫn đến việc đọc sai.

Thước chạy trong đơn vị Inch (1 in = 25,4 mm) có giá trị **thước chạy = 1/128 inch** hay **0,001 inch** (**Hình 3**).

Khi đọc người ta xem đường vạch ở số 0 của thước chạy là dấu phẩy (Hình 2). Bên trái của đường vạch này ta đọc trị số nguyên bằng milimét trên thang đo và tìm bên phải của nó đường vạch nào của thước chạy trùng một cách rõ ràng nhất với một đường vạch của thang số ở thanh ray. Số lượng các khoảng cách của những vạch kẻ trên thước chạy cho biết trị số milimét sau dấu phẩy là 1/20 hay 1/50 thước chạy.

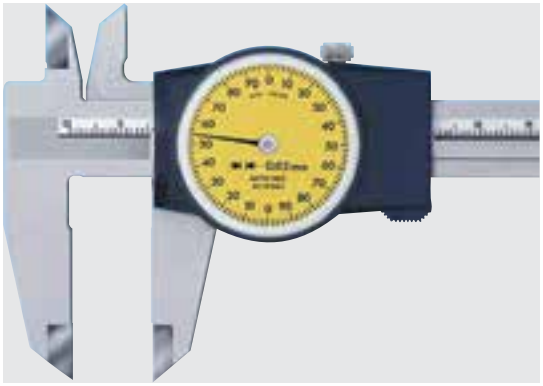


Hình 2: Đọc từ thước chạy (du xích) 1/20 và 1/50



Hình 3: Thước chạy (du xích) 1/1000-INCH và 1/50 mm

Thước cặp có đồng hồ biến chuyển động thẳng của phần trượt thành chuyển động tròn của kim chỉ (10 : 1 đến 50 : 1). Qua đó người ta có thể đọc nhanh và chắc chắn hơn số hiển thị so với thước chạy (**Hình 1**). Hiển thị thô của vị trí phần trượt tìm thấy trên thang vạch kẻ, hiển thị tinh trên thang đo tròn với giá trị chia của thang đo (độ chia) là 0,1 mm, 0,05 mm hoặc 0,02 mm.



Hình 1: Thước kẹp có đồng hồ

■ Đo với thước cặp bỏ túi (Hình 2)

Ở **phép đo ngoài,** ngàm đo nên được đặt sâu vào chi tiết gia công. Cạnh đo có dạng lưỡi cắt chỉ được sử dụng để đo đường rãnh hẹp và rãnh chích.

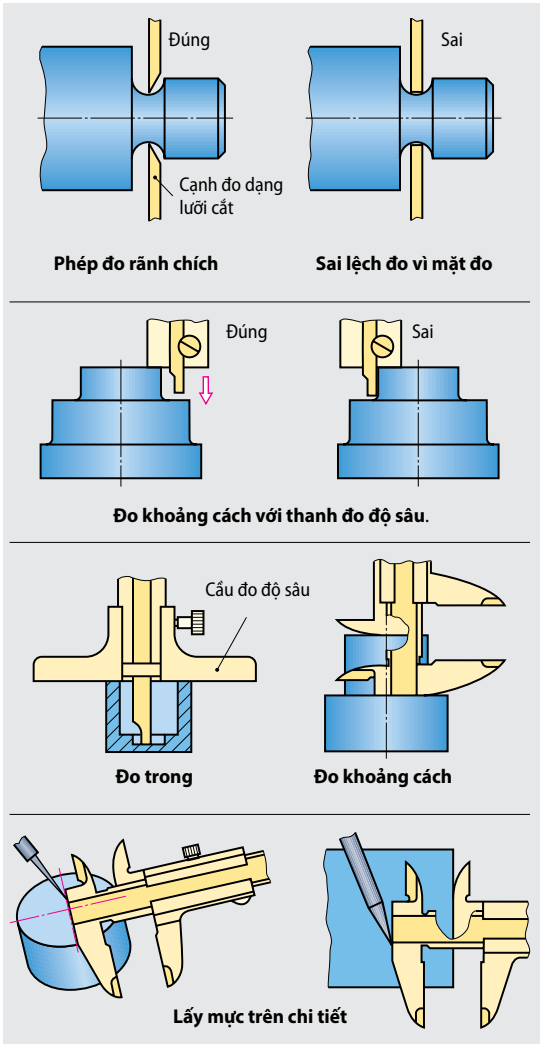
Ở **phép đo trong,** trước tiên ngàm đo cố định được đặt vào lỗ, sau đó là chân đo di động. Khi ngàm đo giao nhau (mỏ chữ thập) thì trị số đo hiển thị trực tiếp, trong khi đó nếu dùng thước cặp công xưởng phải cộng thêm chiều ngang bậc của chân đo (mỏ đo)

Đo khoảng cách có thể được thực hiện với mặt mút của ngàm hoặc thanh đo chiều sâu. Trong cả hai trường hợp này phải lấy kích thước gần đúng rồi đặt thước cặp thẳng góc và thận trọng di chuyển con trượt.

Bề được làm nhỏ lại của thanh đo chiều sâu nên nằm bên chi tiết gia công, để tránh sai lệch do chỗ bán kính chuyển tiếp hoặc do chất bẩn.

Đo độ sâu được thực hiện với thanh đo chiều sâu. Ở lỗ bậc và để tránh đặt nghiêng thì nên sử dụng cầu đo sâu.

Giới hạn lỗi áp dụng cho phép đo với thước cặp mà không đổi chiều của lực đo, thí dụ như với phép đo ngoài thuần túy. Khi thực hiện phép đo trong **và** phép đo ngoài hoặc đo độ sâu ở cùng một chi tiết gia công thì dung sai sẽ lớn hơn.



Hình 2: Cách thao tác thước cặp

Qui tắc làm việc cho phép đo với thước cặp

- Mặt kiểm tra và mặt đo phải sạch sẽ và không có ba via
- Nếu việc đọc kết quả ở vị trí đo gặp trở ngại, ta siết chặt ngàm di động với thang chạy của thước cặp cơ khí và lấy ra một cách cẩn thận.
- Nên tránh sai số vì ảnh hưởng của nhiệt độ, lực đo quá lớn (lỗi đổ nghiêng) và đặt thiết bị đo bị nghiêng.

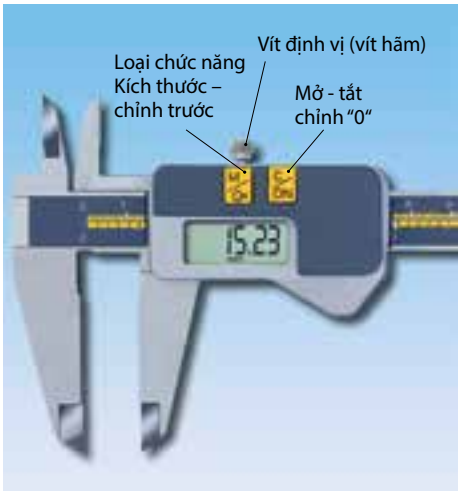
Thước cặp điện tử giúp đọc nhanh và không sai sót nhờ hiển thị với số lớn (**Hình 1**). Ngoài phép đo tuyệt đối trong toàn phạm vi đo có thể chọn phép đo chênh lệch và các chức năng khác:

- Mở/tắt và chỉnh "0" ở bất kỳ vị trí nào, có nghĩa là chỉnh cho hiển thị về 0,00 (C/ON)
- Chọn chức năng (M = phương thức), thí dụ chuyển đổi mm/inch, đo tuyệt đối hoặc đo chênh lệch *(đo so sánh)*, khóa hiển thị số đo v...v.
- Cho trước trị số dung sai (⭘>)

Một thiết bị phát sóng nhỏ được gắn vào máy đo có thể truyền trị số đo bằng tia hồng ngoại.

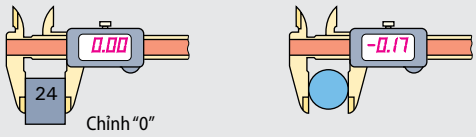
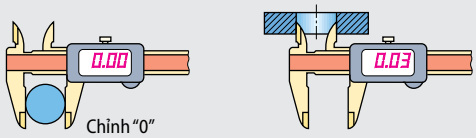
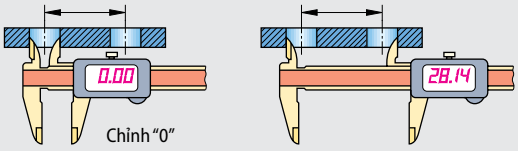
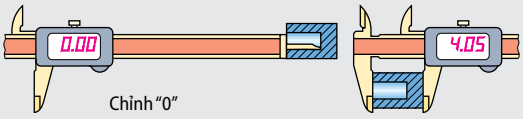
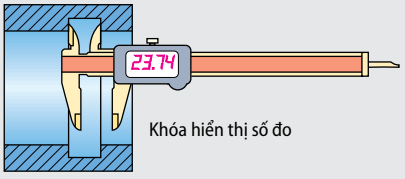
Với chức năng "đo chênh lệch" và qua việc chỉnh "0" của hiển thị ở vị trí bất kỳ làm cho nhiều phép đo đơn giản hơn (**Bảng 1**)**:** sự khác biệt của độ lớn đo với trị số đã được định trước hoặc sự khác biệt giữa hai trị số đo không cần phải tính toán nữa mà được hiển thị trực tiếp.

Một mạch điện tiết kiệm tự động và việc tắt máy sau 2 tiếng sẽ giữ cho bộ pin được nghỉ.



Hình 1: Thước cặp điện tử

Bảng 1: Khả năng đo của thước cặp điện tử

Đo độ lệch Độ lệch với kích thước danh nghĩa được hiển thị đúng dấu hiệu bằng cách so sánh căn mẫu chuẩn.	
Đo lắp ghép (độ hở hoặc độ dôi) Độ hở hoặc độ dôi được hiển thị trực tiếp qua phép đo so sánh	
Đo khoảng cách các lỗ khoan và các trục Khoảng cách giữa các lỗ khoan với cùng đường kính có thể hiển thị trực tiếp, khi trước tiên đo lỗ khoan, hiển thị chỉnh "0" và sau đó đo khoảng cách lớn nhất của các lỗ khoan.	
Đo độ dày của thành, vách Độ dày của vách đáy được hiển thị bằng phép đo so sánh với chiều sâu của lỗ khoan.	
Đo ở vị trí khó tiếp cận Khóa hiển thị số đo khi di chuyển các ngàm đo để có thể đọc ở vị trí dễ nhìn hơn.	

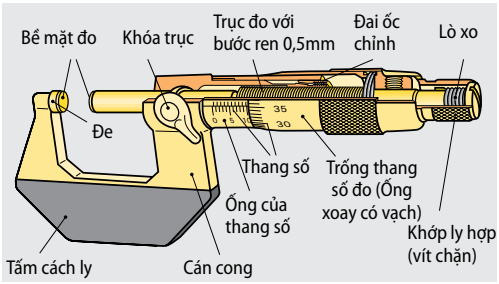
■ Pan me (Vi kế)

Phần quan trọng nhất của pan me cơ là trục đo đã được mài (**Hình 1**). Nó tượng trưng cho kích thước qua bước ren 0,5 mm. Khi thang đo hình trống quay được 1 vạch của 50 đường chia, thì trục đo được đẩy đi 0,5 mm: 50 = 0,01 mm. Trị số 1/100 milimét có thể được đọc trên thang đo hình trống (**Hình 2**).

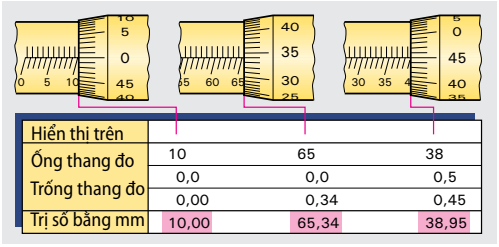
Ở pan me khung (Pan me đo ngoài), độ chia thường bằng 0,01 mm.

Qua trục đo, không chỉ việc hiển thị được phóng lớn mà lực đo cũng được nâng mạnh lên. Do đó một khớp ly hợp giới hạn lực đo từ 5 N đến 10 N, với điều kiện người ta quay trục đo tiến đến chi tiết gia công một cách từ từ qua khớp ly hợp.

Phạm vi đo thường là: 0... 25 mm (cho vít đo cán cong điện tử 0... 30 mm), 25... 50 mm, 50... 75 mm đến 275... 300 mm.



Hình 1: Hình cắt vi kế (pan me)



Hiển thị trên			
Ống thang đo	10	65	38
Trống thang đo	0,0	0,0	0,5
	0,00	0,34	0,45
Trị số bằng mm	10,00	65,34	38,95

Hình 2: Thí dụ đọc số

■ Pan me khung điện tử (Hình 3)

Hệ thống đo điện tử có thể:

- Trị số của 2 số liên tiếp *(Độ chia)* Zw = 0,001 mm
- Chỉnh "0" ở vị trí bất kỳ (ZERO), để thực hiện phép đo chênh lệch *(sai biệt, so sánh)*.
- Chọn chức năng (M = phương thức), thí dụ chuyển đổi mm/in (inch), đo tuyệt đối (ABS) hoặc đo chênh lệch, khóa hiển thị.
- Chỉnh trước dung sai.
- Truyền trị số đo bằng tia hồng ngoại (hoặc vô tuyến) khi nhấn nút ở máy tính cá nhân.

Hình 3: Pan me điện tử (Vi kế điện tử)

Các ảnh hưởng vào sai số đo

- Sai lệch về bước ren của trục đo cũng như sai lệch về độ song song và độ phẳng của các mặt đo (**Hình 4**)
- Sự uốn cong của cán cong vì lực đo
- Sự sai biệt với nhiệt độ chuẩn
- Quay trục đo quá nhanh

Hình 4: Kiểm tra độ song song và độ phẳng của mặt đo bằng kính kiểm tra với mặt phẳng song song

Ôn tập và đào sâu

1. Người ta có thể kết hợp với các căn mẫu song phẳng nào để thành chiều dài 97,634 mm?
2. Sự khác biệt giữa căn mẫu song phẳng có bậc dung sai "K" và "0"?
3. Tại sao căn chuẩn bằng thép không được để ghép dính với nhau cả ngày?
4. Lợi điểm của việc chỉnh "0" cho hiển thị ở thước cặp điện tử?
5. Tại sao không nên quay nhanh trục đo của pan me vào chi tiết gia công?

■ Dụng cụ đo trong

Pan me đo trong với 2 điểm tiếp xúc không thể tự điều chỉnh tâm của lỗ khoan (**Hình 1**). Do đó nó chỉ được sử dụng cho kích thước trong lớn và ưu tiên để nắm bắt sự sai lệch độ tròn của hình bầu dục *(hình trái xoan)*. Trái lại sai biệt độ tròn của chi tiết có 3 vòng cung *(như hình dày đều hay hình méo đều)* bắt nguồn từ sự biến dạng trong mâm cặp 3 chấu *(3 vấu)* với 2 điểm tiếp xúc không chỉ ra sự khác biệt đường kính vì luôn luôn ta chỉ đo được đường kính trung bình.

Thiết bị đo trong với 2 điểm tiếp xúc và **cầu định tâm** *(cầu chỉnh tâm)* tự định tâm bằng cầu định tâm một cách tự động (**Hình 2**). Khi chỉnh hướng theo trục ngang phải di chuyển thiết bị đo qua lại như con lắc để tìm điểm đảo nơi kích thước nhỏ nhất.

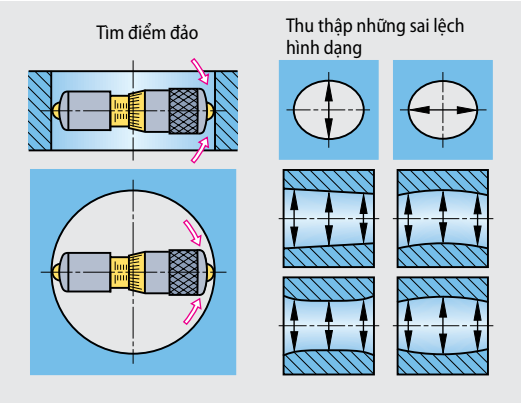
Thiết bị đo trong với 2 điểm tiếp xúc và cầu định tâm đạt được sự chính xác cao khi đo lặp lại, có nghĩa là độ phân tán của phép đo nhỏ. Sự sai lệch độ đồng tâm cũng được hiển thị qua cầu định tâm rộng

Các thiết bị đo trong với 3 đường tiếp xúc của trục đo có lợi điểm là tự định tâm trong lỗ khoan và tự chỉnh hướng trục.

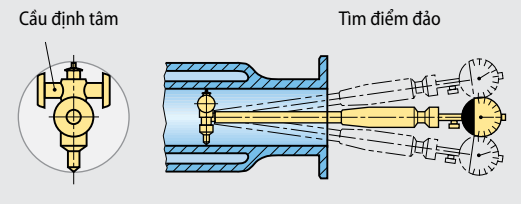
Vít đo trong tự định tâm đạt được vị trí chắc chắn cho trục đo sau 3 lần liên tục quay trục đo bằng bánh cóc (**Hình 3**). **Các thiết bị đo trong với đòn bẩy điều khiển,** được gọi là súng đo hoặc thiết bị đo nhanh bên trong (**Hình 4**), không cần bánh cóc vì chốt (bu lông) đo luôn luôn được ấn vào thành lỗ khoan với cùng một lực đo. Bởi vì độ tin cậy của giá trị đo và sự đo nhanh, thiết bị đo này là lý tưởng cho việc kiểm tra hàng loạt trong sản xuất. Các đồng hồ đo cơ khí hoặc điện tử với độ chia bằng 1 µm được xem là thiết bị có hiển thị thích hợp.

Sự tiếp xúc với 3 đường cho phép tự định tâm và tự chỉnh trục trong lỗ khoan một cách tối ưu.
Sự sai lệch độ tròn hoặc độ trụ tạo ra sự khác biệt của đường kính.

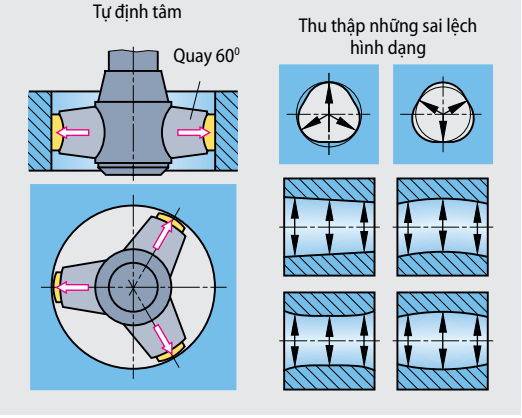
Để đo sự khác biệt, thiết bị đo trong được điều chỉnh với vòng điều chỉnh đã được mài bóng (mài nghiền) theo kích thước danh nghĩa của lỗ khoan và người ta so sánh đường kính của lỗ đo với kích thước danh nghĩa của lỗ.



Hình 1: Vít đo trong (2 điểm tiếp xúc)



Hình 2: Thiết bị đo trong với 2 điểm tiếp xúc và cầu định tâm.



Hình 3: Vít đo trong tự định tâm với 3 đường tiếp xúc

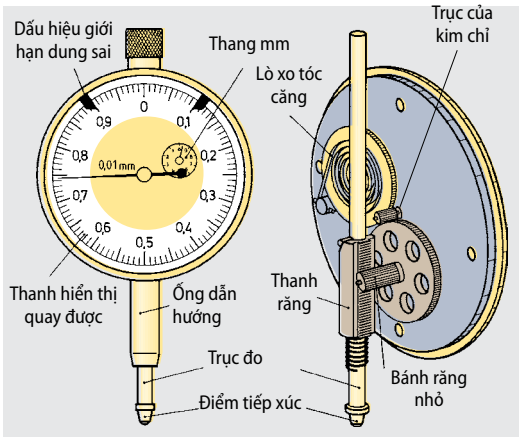
Hình 4: Thiết bị đo trong nhanh tự định tâm với 3 đường tiếp xúc

■ Đồng hồ đo (Đồng hồ so, thước đo có mặt số)

Các đồng hồ đo cơ khí phóng lớn hiển thị bằng thanh răng và các đĩa răng (**Hình 1**). Phạm vi đo của đồng hồ đo (với trị vạch đo hay *độ chia* Skw = 0,01 mm) thường là 1 mm, 5 mm và 10 mm.

Đồng hồ đo tinh *(Đồng hồ đo chính xác)* đo chính xác hơn vì có hệ truyền dẫn giống như đồng hồ đo chính xác. Sai số đo nhỏ hơn và phạm vi đo nhỏ bằng 1 mm có thể cho phép độ chia của thang đo Skw = 1 µm. Bộ phận hiển thị của thang đo có thể quay để chỉnh 0 ở vị trí bất kỳ.

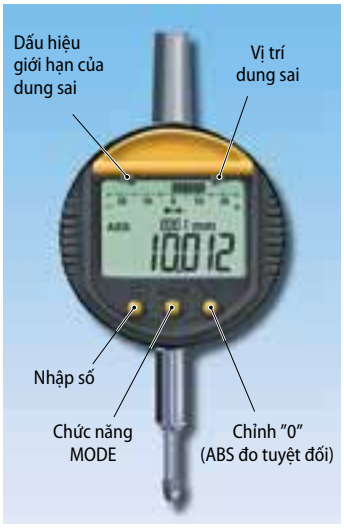
So với đồng hồ đo cơ khí, **đồng hồ đo điện tử** (**Hình 2**) có thêm nhiều **chức năng** (**MODE**):



Hình 1: Đồng hồ đo cơ khí

- Chọn độ chia (trị số giữa 2 số liên tiếp) (Zw = 0,001 mm hoặc 0,01 mm) và phạm vi đo cũng như đổi từ mm sang inch.
- Lựa chọn giữa đo tuyệt đối (ABS) hoặc đo khác biệt (DIFF) hoặc chỉnh "0" ở bất kỳ vị trí nào trong phạm vi đo (RESET hoặc ZERO)
- Cho trước (PRESET) trị số dung sai và hướng đo (+ có nghĩa hiển thị lớn lên khi trục đo đi vào)
- Chức năng lưu trữ; trị số đo hiện thời, trị số lớn nhất, trị số nhỏ nhất, hiệu số giữa trị số lớn nhất - trị số nhỏ nhất, thí dụ ở kiểm tra độ đảo
- Đầu ra dữ liệu để xử lý số liệu đo
- Hiển thị bằng hình vị trí dung sai ở thang vạch kẻ.

Ở một vài đồng hồ đo điện tử, thêm vào việc nhập những giới hạn dung sai người ta còn có thể chỉnh bằng cơ các dấu cho giới hạn dung sai (Hình 2). Cấp của trị số đo được hiển thị bằng điôt chiếu sáng, xanh lá cây cho "tốt", vàng cho "làm lại" và đỏ cho "bị loại". Thông thường bảng phím bấm và bảng hiển thị có thể quay 270^0.



Hình 2: Đồng hồ đo điện tử

Lúc đo độ đảo, độ đảo mặt đầu và độ phẳng trị số đo di động giữa trị số lớn nhất và trị số nhỏ nhất (**Hình 3**). Sự di chuyển ngược chiều của trục đo sinh ra **khoảng đổi chiều trị số đo f_u** ***(trị số đo độ rơ lúc nghịch chiều)*** vì khi đo cùng một độ lớn, lúc trục đo đi ra có hiển thị lớn hơn lúc trục đo đi vào. (Bảng 1, trang 12). Nguyên nhân là do sự ma sát của trục đo ở đồng hồ đo cơ khí làm lực đo lớn hơn khi trục đo đi vào và nhỏ hơn khi trục đo đi ra.

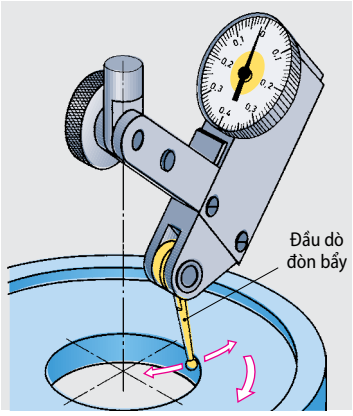
Hình 3: Kiểm tra độ đảo

Qui tắc làm việc khi đo với đồng hồ đo

- Khi đo độ đảo và độ đảo mặt đầu người ta cần các thiết bị đo với trị số đo độ rơ lúc nghịch chiều càng nhỏ càng tốt. Như thế đồng hồ đo điện tử (f_u = 2 µm), đồng hồ đo tinh (f_u = 1 µm) và đồng hồ đo chính xác (f_u = 0,5 µm) là thích hợp.
- Có thể tránh trị số đo độ rơ lúc nghịch chiều, thí dụ chỉ đo khi trục đo đi ra. Như thế các đồng hồ đo cơ khí và thiết bị đo với đòn tiếp xúc (f_u = 3 µm) cũng thích hợp.
- Trục đo không được tra dầu, không bôi mỡ.

■ Thiết bị đo với tay đòn tiếp xúc

Các thiết bị đo với đầu dò đòn bẩy là thiết bị đo so sánh được sử dụng rất đa dạng (**Hình 1**). Trị số đo độ rơ lúc nghịch chiều *(khoảng đổi chiều trị số đo)* bằng 3 µm như đồng hồ đo. Mặc dầu trị số đo độ rơ lúc nghịch chiều tương đối lớn, thiết bị đo với đầu dò đòn bẩy không thể thiếu được cho việc đo đạc trên bàn kiểm tra (bàn rà) cũng như đo sự sai lệch về hình dạng, địa điểm và vị trí. Nhờ sự đảo mạch tự động trong cơ cấu đo nên có thể đo ở hai hướng. Qua đó hướng di chuyển của kim chỉ luôn luôn giống nhau.



Hình 1: Định tâm của lỗ khoan với thiết bị đo đầu rà

Ứng dụng

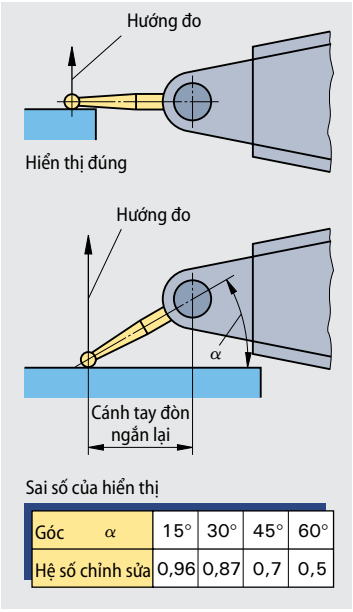
- Đo sự sai lệch: độ đảo, độ đảo mặt đầu, độ phẳng, độ song song và vị trí.
- Định tâm của trục hoặc lỗ khoan của chi tiết gia công.
- Chỉnh đúng độ song song hay vuông góc cho các chi tiết hoặc thiết bị phụ trợ đo đạc.

Nhờ đầu tiếp xúc có thể xoay được nên thiết bị đo với đầu dò đòn bẩy rất thích hợp cho phép đo ở các vị trí khó tiếp cận. Lực đo chỉ bằng khoảng 1/10 lực đo của đồng hồ đo. Lực đo nhỏ có lợi khi đo những vật mà hình dạng không ổn định.

Hướng dẫn cách ứng dụng

- Khi vị trí của đầu tiếp xúc song song với mặt kiểm tra thì trị số đo đúng, không cần chỉnh sửa (**Hình 2**).
- Khi vị trí không song song, chiều dài tác dụng của cánh tay đòn thay đổi. Tùy thuộc vào góc α, trị số hiển thị được chỉnh sửa (Hình 2).

Thí dụ: Góc tấn (góc lệch) α của đầu tiếp xúc ước lượng là 30^0, như vậy hệ số chỉnh sửa là 0,87. Trị số hiển thị là 0,35 mm.
Trị số đo được chỉnh sửa = 0,35 mm . 0,87 = **0,3 mm**



Sai số của hiển thị

Góc α	15°	30°	45°	60°
Hệ số chỉnh sửa	0,96	0,87	0,7	0,5

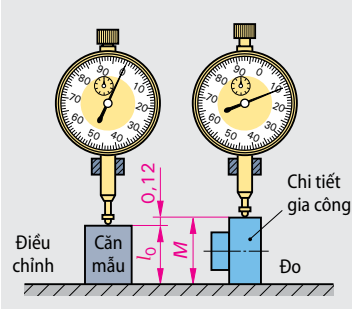
Hình 2: Ảnh hưởng của góc tấn (góc lệch) vào trị số đo

■ Phép đo khác biệt (Phép đo chênh lệch)

Đồng hồ đo, thiết bị đo với tay đòn tiếp xúc và đồng hồ đo chính xácị thường được sử dụng để đo khác biệt vì chúng có phạm vi đo nhỏ (**Hình 3**).

Đo khác biệt dựa vào sự so sánh độ lớn đo với kích thước danh nghĩa đã được đặt trước của nó.
Tương ứng với khoảng đo nhỏ ở phép đo khác biệt sai số hệ thống cũng sẽ nhỏ.

Để đo khác biệt các thiết bị đo phải được điều chỉnh với căn mẫu hoặc với các chuẩn khác theo kích thước danh nghĩa của độ lớn đo được của chi tiết gia công. Sau khi chỉnh "0" của hiển thị thì lúc đo có thể đọc trực tiếp kích thước khác biệt so với kích thước danh nghĩa. Chỉnh "0" có thể thực hiện bằng thiết bị chỉnh tinh của chân đo, bằng cách nhấn nút cho đồng hồ đo điện tử và đồng hồ đo chính xác và bằng cách quay hiển thị thang đo cho đồng hồ đo cơ khí.



Hình 3: Đo khác biệt

■ Đồng hồ đo chính xác

Đồng hồ đo chính xác cơ khí (calip mặt số chính xác) thích hợp với công việc đo đạc với độ chính xác mà các đồng hồ đo bình thường không đạt được. Phần lớn nó có độ chia là 1 µm.

Cách thức truyền dẫn tốt hơn của đồng hồ đo chính xác đối với với đồng hồ so (shore) trước hết là nhờ ở phần bánh xe răng chính xác (là cánh tay đòn truyền dẫn chuyển động) và nhờ qua ổ bi của trục đo (**Hình 1**). Qua đó kim chỉ số không xoay được nguyên vòng tròn, nhưng khoảng đảo ngược trị số đo (trị số đo độ rơ lúc nghịch chiều) có thể nhỏ. Phạm vi đo thường là 50 µm hoặc 100 µm.

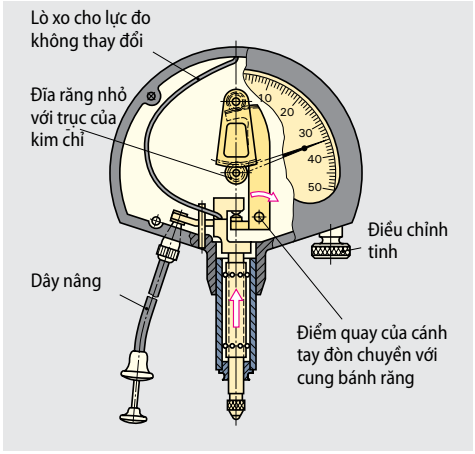
Đồng hồ đo chính xác điện tử (**Hình 2**) có cùng những chức năng đo (MODE) như đồng hồ đo điện tử (Hình 2, trang 26).

Sự khác biệt so với đồng hồ đo là:

- Hệ thống đo cảm ứng chính xác hơn, trị số giữa 2 số liên tiếp có thể là 1 µm, 0,5 µm hay 0,2 µm
- Khoảng sai số nhỏ f_e = 0,6 µm (0,3 µm) và trị số đo độ rơ lúc nghịch chiều tương ứng f_u < 0,5 µm

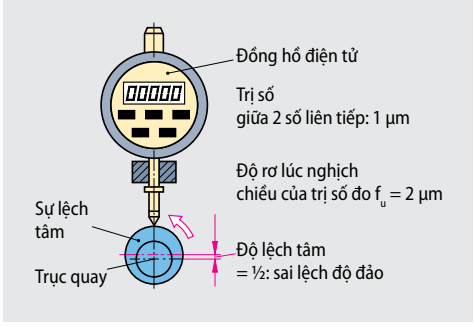
Số liệu đo của đồng hồ đo chính xác điện tử và đồng hồ đo có thể được truyền qua dây cáp hoặc qua máy phát tín hiệu vô tuyến hay tia hồng ngoại được gắn trên thiết bị đo vào máy tính.

Đồng hồ đo chính xác là thiết bị đo cầm tay cơ khí hoặc điện tử chính xác nhất. Khoảng đảo ngược trị số đo của nó lớn nhất là 0,5 µm. Do đó nó rất thích hợp để đo độ đồng tâm, độ đảo mặt đầu, độ thẳng và độ phẳng.



Hình 1: Đồng hồ đo chính xác cơ khí

Hình 2: Đồng hồ đo chính xác điện tử



Hình 3: Kiểm tra độ đảo và độ lệch tâm

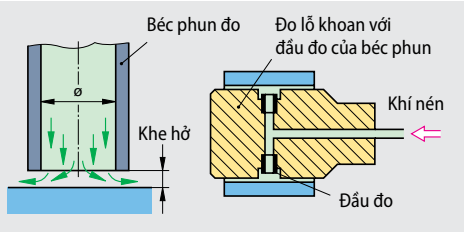
Ôn tập và đào sâu

1. Tại sao vít đo trong với 3 đường tiếp xúc chính xác hơn vít đo trong với 2 điểm tiếp xúc?
2. Tại sao chỉ nên đo với đồng hồ đo ở một chiều di chuyển của vít đo?
3. Tại sao thiết bị đo với đòn tiếp xúc rất thích hợp để định tâm và kiểm tra độ đảo của lỗ khoan?
4. Tại sao đồng hồ đo chính xác thuận lợi hơn đồng hồ đo khi kiểm tra độ tròn và độ đảo?
5. Khi kiểm tra độ đảo một đồng hồ đo điện tử (hình 3) chỉ báo trị số lớn nhất là + 12 µm và trị số nhỏ nhất là – 2 µm. Sai số độ đảo là bao nhiêu ($f_L = M_{wmax} - M_{wmin}$)?

1.3.3 Các thiết bị đo chạy bằng khí nén

Khi đo độ dài với khí nén bằng phương pháp không tiếp xúc, khí nén phun ra từ bộ cảm biến, thí dụ một trục đo, vào khe hở giữa béc phun và chi tiết gia công (**Hình 1**).

Sự thay đổi kích thước của lỗ khoan và trục so với kích thước danh nghĩa đã được chỉnh của chi tiết gia công có tác dụng thay đổi độ lớn của khe hở và qua đó có sự thay đổi áp suất có thể đo được trong bộ cảm biến. Áp suất đo ở béc phun bằng 2 hoặc 3 bar.

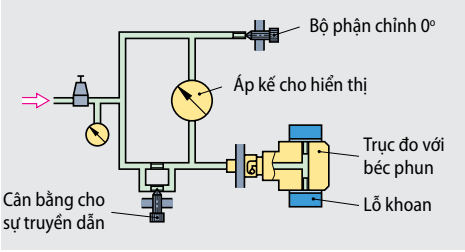


Hình 1: Béc đo và trục đo với béc phun

■ Cấu tạo và cách vận hành

Thiết bị gồm một **bộ cảm biến cho trị số đo** (Trục đo với béc phun hoặc vòng đo với béc phun) và một dụng cụ hiển thị dạng kim chỉ hoặc cột chiếu sáng (Hình 2 và hình 1, trang 30).

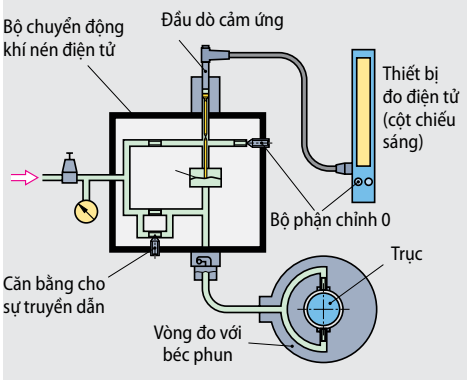
Thiết bị đo chạy bằng khí nén làm việc theo **phương pháp đo áp suất**. Một sự thay đổi kích thước dẫn đến thay đổi áp lực được áp kế ghi lại (**Hình 2**). Trị số đo được hiển thị bằng thiết bị đo với kim chỉ được nối với mạng lưới khí nén.



Hình 2: Thiết bị đo chạy bằng khí nén

Thiết bị đo chạy bằng khí nén - điện tử chuyển đổi sự thay đổi áp suất thành thay đổi chiều dài được đo bằng một đầu tìm dò cảm ứng và được hiển thị qua sự khuếch đại bằng điện (**Hình 3**).

> Thiết bị đo chạy bằng khí nén thu nhận sự thay đổi kích thước qua sự thay đổi áp suất ở đầu đo. Phạm vi đo lớn nhất của trục đo với béc phun là 76 µm. Tương tự như vật chuẩn để chỉnh, trục đo hoặc vòng đo với béc phun chỉ sử dụng trong việc đo đạc. Vì vậy thiết bị đo chạy bằng khí nén chỉ thích hợp cho việc sản xuất hàng loạt.



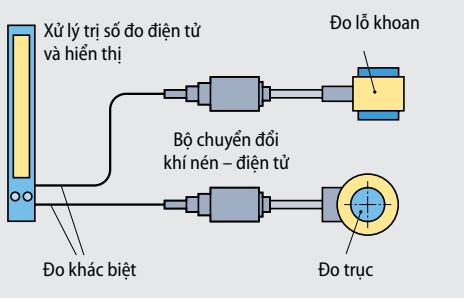
Hình 3: Thiết bị đo điện tử chạy bằng khí nén

■ Ứng dụng

- **Đo riêng lẻ** cho trục, lỗ khoan hoặc hình côn (**Hình 3**).
- **Đo cặp** qua phương pháp đo khác biệt giữa lỗ khoan và trục (**Hình 4**). Hiển thị được chỉnh "0" khi lắp ghép không có độ hở. Hiển thị lớn hơn 0 cho thấy có độ hở, hiển thị nhỏ hơn 0 là có độ dôi.

Chỉnh "0" của hiển thị được thực hiện bằng vít chỉnh "0" ở thiết bị đo chạy bằng khí nén (Hình 2) hoặc ở bộ chuyển đổi khí nén - điện tử (Hình 3).

Để điều chỉnh phạm vi hiển thị hai **mẫu chuẩn** (Vòng điều chỉnh hoặc trục điều chỉnh, *calip đo trong và ngoài)* được sử dụng cho mỗi kích thước kiểm tra. Hai mẫu chuẩn này là mẫu cho giới hạn trên và giới hạn dưới của kích thước kiểm tra.



Hình 4: Đo cặp lỗ khoan và trục

Ở các thiết bị đo với cột chiếu sáng người ta có thể thấy và đánh giá được ngay trị số đo (**Hình 1**). Cột chiếu sáng màu xanh lá cây, vàng hoặc đỏ cho kết quả "tốt", "làm lại" hoặc "bị loại". Khi vượt qua giới hạn dung sai và giới hạn cảnh báo đã được lập trình, màu xanh lá cây chuyển sang màu vàng hoặc đỏ. Có thể kết hợp đến 4 cột chiếu sáng lại với nhau thành một đơn vị.

Các thiết bị đo với chỉ thị thang và số có thể đo khác biệt khi đo cặp trục và lỗ khoan hoặc phân chia vùng dung sai thành các nhóm trị số đo.

■ Cảm biến đo bằng khí nén

Phần lớn bộ phận cảm biến được sử dụng để đo lỗ khoan và trục (**Hình 2**). Trục đo và vòng đo thường có hai béc phun lệch nhau một góc 180^0 cho phép đo tại 2 điểm. Đặc biệt ở lỗ khoan sai lệch về độ tròn và dạng trụ có thể xác định được qua việc đo ở các điểm khác nhau (**Hình 3**). Sự sai lệch về độ tròn khi độ dày bằng nhau của hình dày đều (hình méo đều) với 3 vòng cung không được xác định qua phép đo ở 2 điểm, trong khi đó sự sai lệch về độ tròn của hình bầu dục tương ứng với một nửa của hiệu số $d_{max} - d_{min}$.

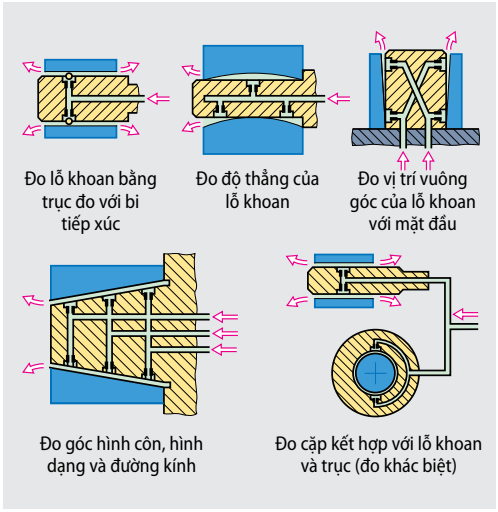
■ Những ảnh hưởng vào trị số đo

- Chiều cao đỉnh - trũng của mặt nhám *(chiều sâu nhấp nhô, độ nhám)* ở điểm đo có ảnh hưởng đến trị số đo. Ở chiều cao đỉnh - trũng $R_z < 5$ µm thì trị số đo bằng khí nén có thể so sánh với trị đo bằng đồng hồ đo chính xác. Với chiều cao đỉnh - trũng $R_z > 5$ µm thì chỉ có trục đo với bi tiếp xúc có thể so sánh được trị số đo bằng đồng hồ đo chính xác (Hình 2).
- Mặc dù đo không tiếp xúc, khí nén vẫn tạo ra một lực đo nhỏ, lực này có thể tạo ra biến dạng dẻo, thí dụ ở chi tiết có thành rất mỏng.
- Bề mặt của chi tiết gia công được đo ít nhất phải lớn hơn đường kính của béc phun.

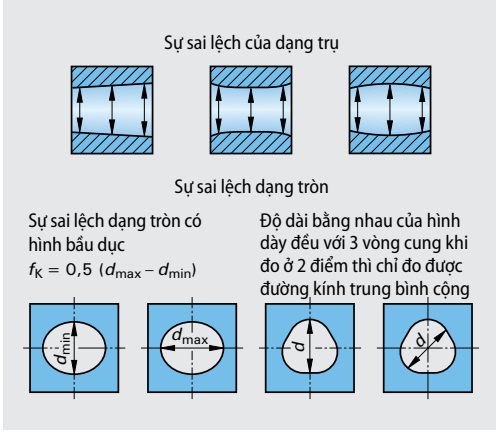
■ Lợi điểm của phép đo chiều dài với khí nén

- Lực đo tạo ra bởi khí nén thường nhỏ không đáng kể.
- Phép đo nhanh và đảm bảo với độ chính xác lặp lại cao cho cả những người kiểm tra không có kinh nghiệm, vì trục đo và vòng đo tự động chỉnh đúng cho lỗ khoan hoặc cho trục.
- Khí nén làm sạch vị trí đo không còn dung dịch làm nguội, dầu hay bột mài nghiền bám vào. Vì vậy chi tiết có thể đo được trong khi máy vận hành.

Hình 1: Thiết bị đo điện tử-khí nén



Hình 2: Ứng dụng tiếp nhận trị số đo



Hình 3: Đo sai lệch kích thước và hình dạng

1.3.4 Thiết bị đo điện tử

Khi đo độ dài với phương pháp điện tử bằng các đầu dò cảm ứng, điện áp sẽ thay đổi theo sự di chuyển của trục đo trong đầu dò, tạo ra tín hiệu đo và sau khi khuyếch đại tín hiệu này có thể được hiển thị trực tiếp (**Hình 1**).

Hình 1: Sai số độ đảo giữa hai hình trụ (phép đo hiệu số)

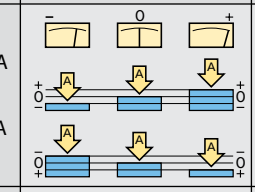
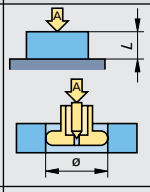
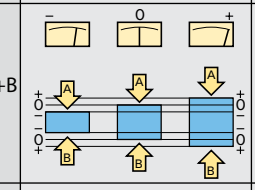
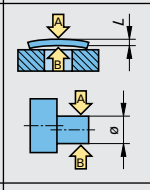
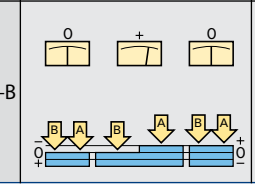
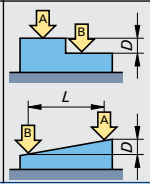
■ Những lợi điểm của phương pháp đo cảm ứng

- Các đầu dò đo cảm ứng tiếp xúc với chỗ đo bằng cơ học, nhưng các tín hiệu đo được tạo ra không qua chuyển đổi bằng cơ học mà bằng điện tử. Các tín hiệu này được khuyếch đại và hiển thị. Qua đó sự chính xác lặp lại rất cao và khoảng chết rất nhỏ (0,01...0,05 µm).
- Độ phân giải cao nhất của trị số đo là 0,01µm. Kích thước giới hạn của dung sai lớn nhất là 1,9µm (với đầu dò loại thông thường và trị số đo lớn nhất là 2mm).

Các đầu dò đo cảm ứng thích hợp cho các phép đo có độ chính xác cao, thí dụ để hiệu chuẩn cho căn mẫu. Nó còn được dùng làm đầu cảm biến cho trị số đo ở trong các thiết bị đo điện tử khác.

Bên cạnh các phép đo riêng lẻ ta còn có thể kết hợp các tín hiệu đo từ hai đầu dò cho phép đo tổng số hoặc phép đo hiệu số (**Bảng 1**).

Bảng 1: Các chức năng đo

Độ phân cực	Sự thay đổi của các độ lớn đo và các hiển thị	Các thí dụ ứng dụng
Phép đo riêng lẻ +A		
Phép đo riêng lẻ –A		
Phép đo tổng số +A+B		
Phép đo hiệu số +A–B		

■ Phép đo riêng lẻ (+A hoặc –A)

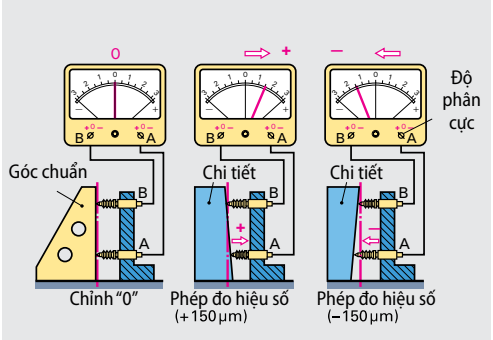
Mỗi đầu dò riêng lẻ được sử dụng như đồng hồ đo hoặc đồng hồ đo chính xác cho phép đo độ dầy, kiểm tra độ tròn hoặc độ đảo. Ở độ **phân cực** dương khi trục đo đi vào sẽ cho hiển thị dương với chỉ báo lớn dần. Độ phân cực âm có tác dụng là khi lỗ khoan lớn hơn thì trị số đo cũng lớn hơn.

■ Phép đo tổng số (+A +B)

Ở phép đo tổng số thì độ phân cực của hai đầu dò giống nhau. Tổng số của hai tín hiệu đo sẽ được hiển thị. Trị số đo ở chức năng đo này không bị ảnh hưởng bởi sai số về hình dạng, tư thế hoặc độ đảo.

■ Phép đo hiệu số (+A –B)

Độ phân cực của các đầu dò đối nhau, có nghĩa là sự hiển thị chỉ thay đổi khi hiệu số của các tín hiệu thay đổi so với tín hiệu lúc chỉnh "không" (bảng 1, hình 1 và **hình 2**). Được hiển thị thí dụ như sai số của kích thước bậc, độ dốc của hình nón, góc phẳng hoặc sự đồng trục, độc lập với các kích thước hoặc vị trí của các chi tiết gia công khác.



Hình 2: Phép đo hiệu số cho vuông góc

1.3.5 Thiết bị đo quang điện tử

Trong phép đo độ dài với phương pháp quang - điện tử, vật đo được dò không tiếp xúc bằng các tia sáng. Ở đầu nhận, thường là cảm biến CCD (điốt hình), tín hiệu đo quang học của ánh sáng được ghi lại và được xử lý.

CCD (tiếng Anh: Charge Coupled Device, dụng cụ ghép điện tích) bao gồm nhiều phần tử cảm biến với ánh sáng (điểm ảnh), chúng được sắp xếp thành hàng trong cảm biến hàng cũng như thành hàng và cột trong máy ảnh CCD (Cảm biến ma trận).

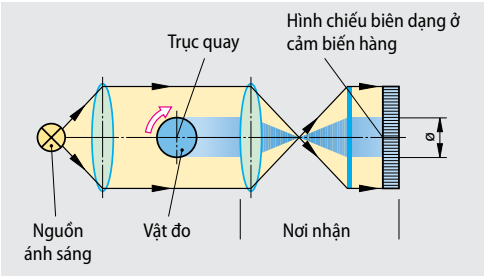
■ Với phương pháp chiếu biên dạng (vùng tối hình bóng) **thiết bị đo trục quang điện tử** ghi nhận prôfin của các chi tiết tròn (**Hình 1**). Qua các tia sáng song song, xuất hiện ở bộ phận thu (cảm biến hàng CCD) một biên dạng của bóng mà kích thước tương ứng với chi tiết gia công. Để ghi nhận toàn bộ đường viền, trục được di chuyển một cách giới hạn theo trục chính, khi trục dài nó sẽ được đo với nhiều cảm biến (**Hình 2**). Việc di chuyển theo chiều dài phối hợp với chuyển động quay của chi tiết gia công cũng có thể đo được độ thẳng và độ đảo với mật độ điểm cao (→ độ chính xác cao).

Đường kính hoặc chiều dài có thể đo nhanh trong vài giây. Khi đo đường kính có thể đạt được giới hạn lỗi là 2 µm. Khi đo chiều dài, thí dụ chiều ngang của rãnh hoặc chiều ngang của đường vát cạnh thì giới hạn sai số vào khoảng 6 µm, vì chiều dài cũng bị ảnh hưởng bởi sự di chuyển của bàn trượt kiểm tra (bàn đo) và độ sạch của gá đỡ chi tiết gia công. Đo so sánh với đĩa bậc có độ chính xác cao người ta có thể dùng để hiệu chỉnh các thiết bị đo (Hình 2).

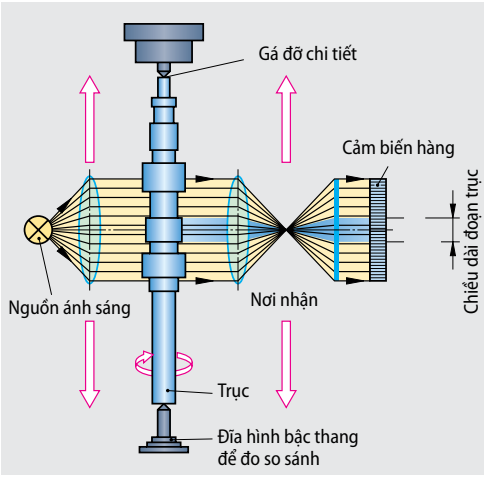
■ **Máy quét laser** tìm kiếm vật đo liên tục trong phạm vi đo (**Hình 3**). Với việc quay của gương nhiều mặt (gương đa diện) (với 8... 16 mặt gương) tia sáng laser từ mỗi mặt kính được điều chỉnh song song và di chuyển trong phạm vi đo. Trong khoảng thời gian tia laser chiếu vào chi tiết, cảm biến hàng CCD ghi nhận một độ tụt biến áp. Vì vậy thời gian gián đoạn ánh sáng là kích thước của đường kính hoặc chiều dài của trục. Giới hạn lỗi có thể đạt khi đo đường kính là 2 µm và khi đo chiều dài là 10 µm.

Máy quét laser cũng có thể đo được dây kim loại hoặc sợi từ 25 đến 40 lần mỗi giây, vì phép đo này không bị lệ thuộc bởi vị trí của vật đo trong phạm vi đo.

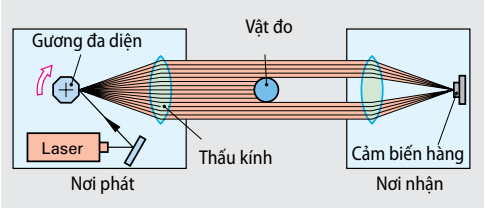
Máy quét laser được sử dụng để giám sát đường kính, độ dày của màng mỏng và bề ngang băng kim loại hay nhựa dẻo trong dây chuyền sản xuất (**Hình 4**).



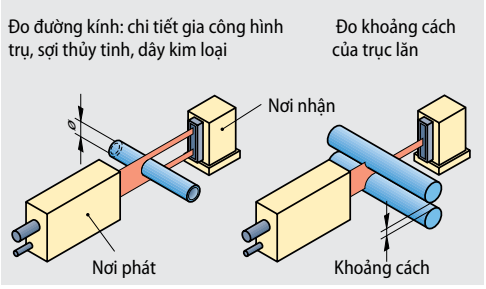
Hình 1: Phương pháp đo đường kính với một thiết bị đo trục quang điện tử



Hình 2: Đo trục bằng quang điện tử (chiều dài và đường kính)



Hình 3: Máy quét laser (phương pháp đo)



Hình 4: Ứng dụng của máy quét laser

Các thiết bị đo khoảng cách bằng tia laser

Được sử dụng trong phạm vi từ 30 mm đến 1 m (**Hình 1** và **Hình 2**). Nguyên tắc đo là "đo tam giác" (3-góc): tia laser được chỉnh thẳng góc vào vật đo tạo ra ở đó một điểm sáng phân tán. Điểm sáng này được phản chiếu lại ở cảm biến hàng CCD của nơi nhận. Lúc đo biên dạng chi tiết gia công không được làm nhiễu hoặc cản trở tia phản xạ. Tùy thuộc vào khoảng cách đo, điểm sáng được tạo lại ở vị trí khác trên cảm biến hàng. Với một khoảng cách đo 100 mm, độ không chính xác của phép đo phải được dự tính là 0,2 mm. Cảm biến đo khoảng cách của các máy đo có cùng một nguyên tắc nhưng có nhiều chức năng đo khác nhau (Hình 2 trang 35).

Các máy đo khoảng cách bằng tia laser phần lớn được sử dụng cho vật đo phản chiếu ánh sáng phân tán. Ở các mặt phẳng phản chiếu tất cả hoặc ít phản chiếu, tín hiệu đo rất nhỏ.

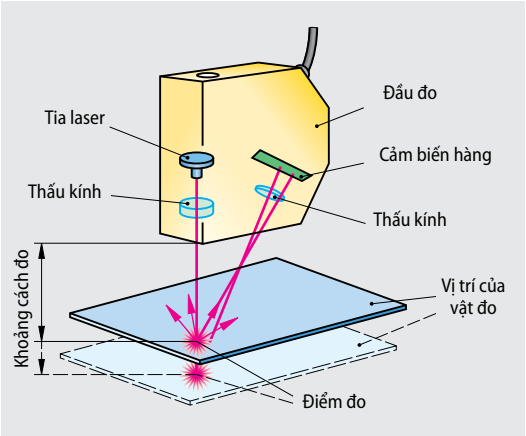
Giao thoa kế laser (Hình 3)

Giao thoa kế laser chia tia laser bằng bộ tách chùm (gương chỉ để 50 % ánh sáng xuyên qua) thành một tia đo đến một gương phản xạ di chuyển được gắn trên bàn máy và một tia so sánh vào một gương phản xạ đứng yên. Hai tia sáng phản xạ này giao thoa nhau ở bộ tách chùm. Khi bàn máy với gương phản xạ được di chuyển đến một vị trí khác, số lần thay đổi sáng-tối là kích thước của sự di chuyển.

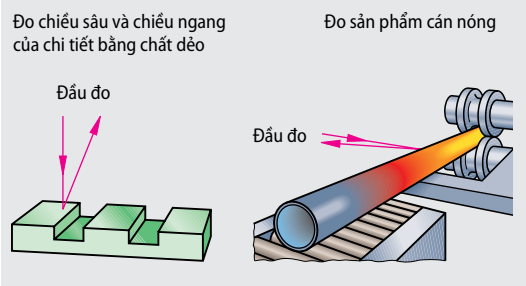
Việc khảo sát về độ chính xác của máy công cụ và máy đo tọa độ được thực hiện với giao thoa kế laser.

Người ta đo sự sai lệch của vị trí, độ thẳng, độ phẳng và độ vuông góc của trục chính với bàn máy.

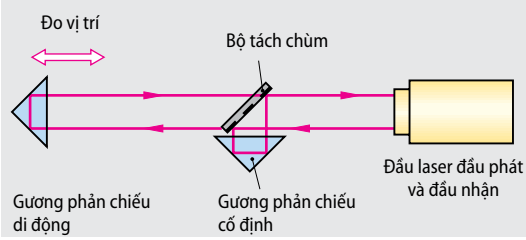
Để đo vị trí trên trục X của một máy phay, tia laser đi từ đầu laser song song với bàn máy, đến bộ tách chùm (**Hình 4**). Bộ tách chùm được gắn với gương phản chiếu cố định và trục chính. Gương phản chiếu thứ hai được định vị với bàn máy bằng chân đế có nam châm, qua sự di chuyển của máy nó được mang đến các vị trí khác nhau. Qua sự so sánh vị trí đo và vị trí hiển thị của máy người ta có thể đo sự sai lệch vị trí trên trục X. Phép đo có thể thực hiện với tốc độ di chuyển nhanh (1 m/s) và với độ bất định nhỏ (1,1 µm/m).



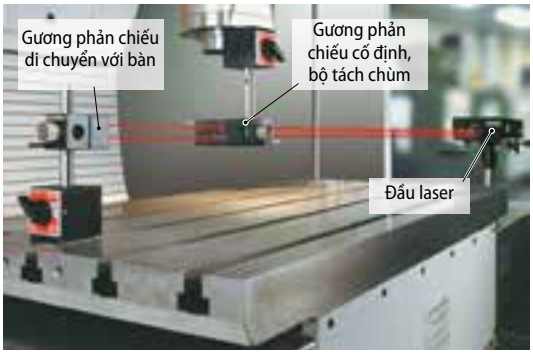
Hình 1: Đo khoảng cách bằng laser



Hình 2: Ứng dụng của đo khoảng cách laser



Hình 3: Phương pháp đo của giao thoa laser



Hình 4: Đo vị trí trên trục X của máy phay với giao thoa kế laser.

1.3.6 Kỹ thuật nhiều cảm biến (Đa cảm biến) trong các thiết bị đo tọa độ

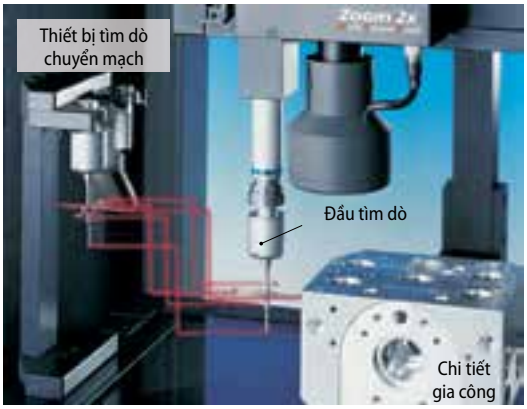
■ Đầu đo tiếp xúc (Hình 1)

Hệ thống tìm dò chuyển mạch nhận trị số đo cho trục x, y và z khi tiếp xúc với chi tiết gia công. Lực đo nhỏ (<0,01 N) sẽ có lợi cho những chi tiết bằng chất dẻo.

Hệ thống tìm dò để đo là một máy đo 3D (3 chiều), vì cảm biến đo hành trình bằng nguyên tắc cảm ứng đo liên tục đường đi với 3 trục khi đầu đo di chuyển. Những đoạn đường đi này được cộng với chiều dài đã đo với trục x,y và z trong máy đo tọa độ.

Hệ thống tìm dò để đo có thể tìm dò liên tục vật đo với nhiều điểm. Qua đó có thể quét mặt phẳng với bất kỳ hình dạng nào.

Tìm dò hoặc Scanning trong tiếng Anh có nghĩa tương tự như **quét**. Trong kỹ thuật đo tọa độ người ta hiểu đó là tìm dò vật đo với nhiều điểm liên tiếp gần nhau qua tiếp xúc hoặc bằng phương pháp quang học. Sự điều khiển trục đo phải thật nhanh, vì ở hệ thống tìm dò để đo có thể quét 200 điểm đo trong 1 giây. Lực tìm dò vô cấp có thể chọn liên tục từ 0,95 N đến 1 N. Độ chính xác của việc kiểm tra hình dạng tăng theo mật độ của các điểm khi quét.

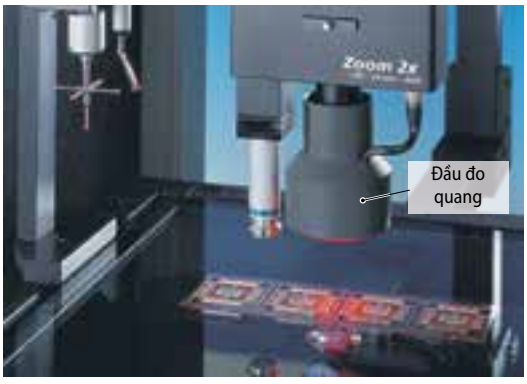


Hình 1: Đầu đo tìm dò bằng tiếp xúc (xúc giác) và thiết bị chuyển đầu dò

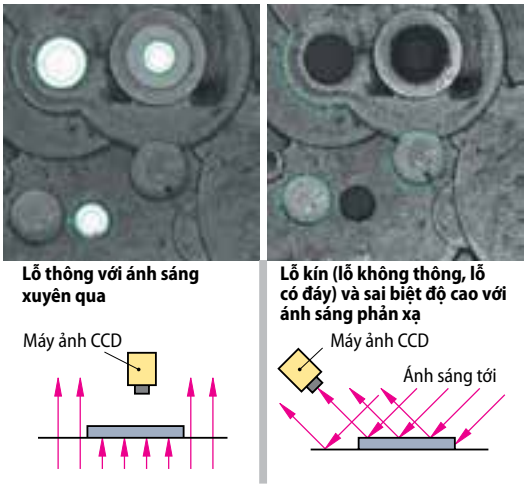
■ Đầu đo quang với máy thu hình CCD (Hình 2)

Đầu đo quang gồm một máy thu hình CCD có độ phân giải cao với các phần tử nhạy sáng được sắp xếp từng hàng và từng cột (cảm biến ma trận). Hình được thu bằng phương pháp quang học được giữ lại trong bộ chứa hình là các điểm hình đã được số hóa. Điều đó có nghĩa là mỗi một điểm hình được phân bố một giá trị đậm nhạt hay còn gọi là giá trị xám (sáng hoặc tối). Vì vậy khi xử lý hình người ta nhận ra biên dạng của chi tiết gia công qua sự chuyển tiếp sáng tối giống như thấy được các đường gờ, lỗ khoan, đường rãnh hoặc tấm đỡ mạch tổng hợp (ICs) (**Hình 3**). Đường kính và khoảng cách giữa các lỗ khoan được đo tốt nhất với ánh sáng xuyên qua, còn cho đường rãnh thì tốt hơn với ánh sáng nghiêng.

Với cùng một thời gian, cảm biến quang tìm dò đo được nhiều điểm gấp 20 lần so với đầu dò tiếp xúc. "Cảm biến cạnh" bằng phương pháp quang học cũng được sử dụng trong máy chiếu prôfin và kính hiển vi đo.



Hình 2: Sự số hóa hình ảnh của tấm đỡ linh kiện (bo mạch) với đầu đo quang

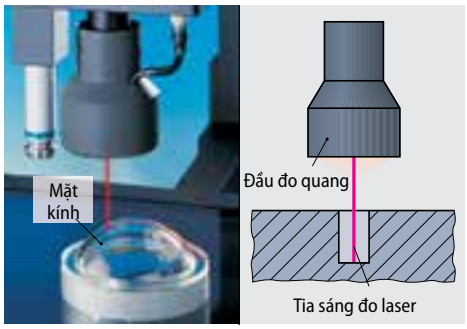


Hình 3: Nhận diện các phần tử hình dạng trong cửa sổ hình

■ Cảm biến tự chỉnh nét bằng tia laser (Hình 1)

Cảm biến tự chỉnh nét hội tụ tự động những tia laser vào một điểm ở trên bề mặt. Thấu kính hội tụ được điều chỉnh sao cho đường kính của điểm sáng trên vật đo đạt trị số nhỏ nhất. Thí dụ như để đo độ phẳng của tấm đỡ cho các mạch tích hợp thì sự sai lệch của độ phẳng tương ứng với sự di chuyển của các thấu kính hội tụ khi tự điều chỉnh rõ (Hình 2, trang 34).

Với cảm biến tự chỉnh nét ta có thể đo độ phẳng của các mặt phẳng nhẵn bóng (phản chiếu) hoặc hơi cong của thủy tinh, gốm hoặc kim loại.
Trong khi quét có thể tìm dò 500 điểm trong 1 giây.

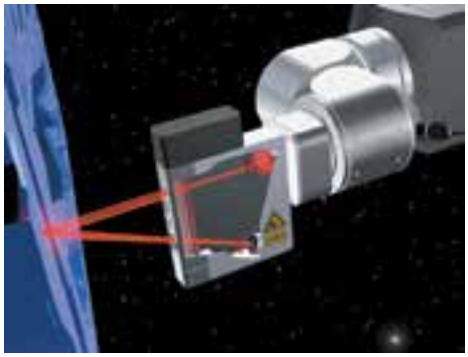


Hình 1: Đo sự sai lệch hình dạng và độ sâu của lỗ khoan với cảm biến tự điều chỉnh nét (tích hợp trong đầu đo quang)

■ Cảm biến đo khoảng cách với tia laser (Hình 2)

Phương pháp đo tương ứng với những thiết bị đo khoảng cách (Hình 1, trang 33). Tia laser chiếu thẳng góc vào bề mặt của hình dạng mẫu. Trong tất cả tia sáng phản chiếu phân tán trên bề mặt, chỉ có các tia phản chiếu ở một góc nhỏ hơn 20^0 gặp cảm biến hàng CCD. Ở đó hiện ra một điểm sáng mà vị trí của nó lệ thuộc vào khoảng cách đo.

Cảm biến đo khoảng cách với tia laser thích hợp cho những vật liệu có tính phản chiếu phân tán như chất xốp cứng, chất dẻo hoặc chất vải. Do đó nó được sử dụng để đo mẫu khuôn đúc, chi tiết bằng chất dẻo hoặc các prôfin bằng cao su (**Hình 3**).



Hình 2: Quét mẫu của cửa xe hơi với cảm biến đo khoảng cách bằng 10 lần đo đồng thời

Để giữ được giới hạn lỗi dưới 15 µm, cảm biến đo khoảng cách được tự động điều chỉnh sao cho nó luôn luôn ở đúng vị trí đo so với bề mặt của chi tiết gia công. Cảm biến đo khoảng cách với một lăng trụ quay tròn trong đường đi của tia sáng có thể tìm dò cùng một lúc đến 10 đường đo song song với khoảng cách 1... 10 mm cho mỗi đường (Hình 2). Qua đó thiết bị đạt đến 400 điểm đo mỗi giây.

Hình 3: Chỉnh đúng cảm biến khoảng cách và quét một mẫu với dạng bất kỳ

Ôn lại và đào sâu

1. Những ưu điểm của phép đo bằng khí nén?
2. Tại sao sự sai lệch hình dạng của chi tiết gia công không có tác dụng khi đo độ dày với đầu đo (bằng phương pháp) cảm ứng?
3. Tại sao có thể đo đường kính chính xác hơn đo độ dài với thiết bị đo trục?
4. Với thiết bị đo nào người ta có thể kiểm tra độ chính xác vị trí của máy công cụ?
5. Các ưu điểm của phép đo hình dạng bằng phương pháp quang học trong các máy đo tọa độ so với hệ thống tìm dò tiếp xúc là gì?
6. Ưu điểm của việc quét so với phép đo từng điểm?

1.4 Kiểm tra bề mặt

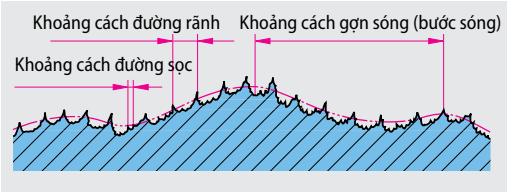
Bề mặt thật cho thấy có sai lệch với chất lượng bề mặt đã được qui định trong bản vẽ vì điều kiện sản xuất (**Bảng 1**).

Prôfin được rà (prôfin sơ cấp/đầu tiên) cho thấy bề mặt với tất cả sai lệch đã được tìm dò với đầu tiếp xúc bằng kim cương (**Hình 1**). Đường trung bình của prôfin được máy tính tạo thành sao cho phần prôfin ở trên đường trung bình bằng với phần prôfin ở dưới.

Prôfin sơ cấp được tìm dò là cơ sở đầu tiên cho prôfin gợn sóng và độ nhám của prôfin cũng như cho các thông số của độ nhám. Phép đo được thực hiện trong phạm vi bề mặt (phẳng), trên phạm vi đó dự kiến là sẽ có độ nhám hoặc độ gợn sóng cao nhất. Không sử dụng phép đo ở bề mặt bị hư hỏng vì xước hoặc móp.

Bảng 1: Sai lệch hình dạng của bề mặt

Sai lệch hình dạng		Thí dụ	Nguyên nhân
Bậc 1		Không phẳng, không tròn	Uốn cong, lỗi đường dẫn
Bậc 2		Gợn sóng	Dao động
Bậc 3	Độ nhám	Đường rãnh	Chuyển động dẫn tiến
Bậc 4		Đường sọc, vảy	Tạo phoi

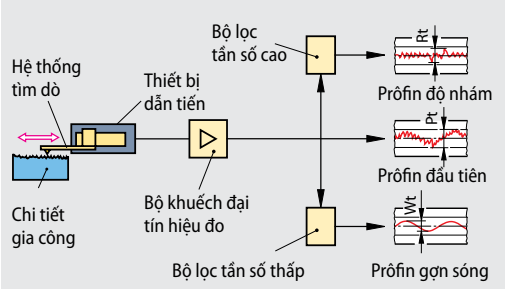


Hình 1: Prôfin đầu tiên (Prôfin P) được tìm dò

1.4.1 Prôfin bề mặt

Thiết bị đo biên dạng chuyển đổi sự di chuyển của đầu dò bằng kim cương thành tín hiệu điện. Nó thu nhận prôfin và tính ra các thông số độ sâu của prôfin *Pt*, độ sâu của sự gợn sóng *Wt*, và chiều cao nhấp nhô *Rt* (**Hình 2**). Trong biểu đồ của prôfin sự sai lệch ở chiều thẳng đứng được hiện thị phóng lớn lên (**Hình 3**). Vì vậy các cạnh sườn của biểu đồ trông có vẻ dốc hơn so với sự thật.

Sự phóng đại ở chiều thẳng đứng của các biểu đồ được chọn sao cho prôfin bằng khoảng ½ chiều cao của biên bản đo.

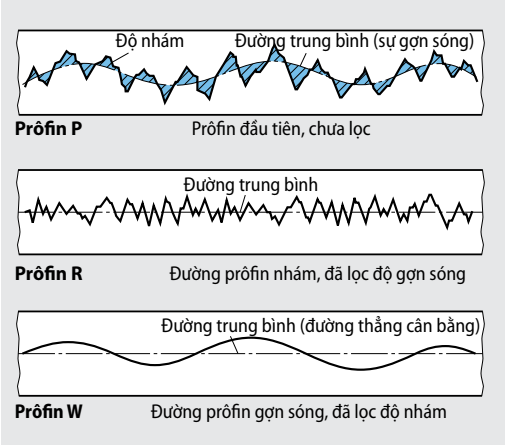


Hình 2: Nguyên tắc của thiết bị đo biên dạng

Qua bộ lọc prôfin, người ta sẽ tìm được từ prôfin đầu tiên chưa lọc (**Prôfin P**) prôfin nhám (**Prôfin R**) và prôfin gợn sóng (**Prôfin W**) (Hình 3).

Từ **prôfin sơ cấp** được tìm dò, bộ lọc prôfin tách thành phần sóng ngắn của độ nhám với thành phần sóng dài của độ gợn sóng. Các thông số về bề mặt đa số được tìm ra từ prôfin độ nhám (Prôfin R).

Prôfin độ nhám (**Prôfin R**) được thành lập từ prôfin sơ cấp được tìm dò khi qua bộ lọc tần số cao, trong đó thành phần gợn sóng bị loại bỏ (Hình 2 và Hình 3). **Prôfin gợn sóng** (**Prôfin W**) được thành lập khi qua bộ lọc tần số thấp, trong đó thành phần độ nhám bị lọc ra.



Hình 3: Biểu đồ đường prôfin của bề mặt

1.4.2 Những thông số đặc trưng của bề mặt

Các thông số có thể được tính toán từ 3 prôfin của bề mặt, các thông số này được đánh dấu bằng các chữ hoa *P, W* và *R,* thí dụ như *Pt* là độ sâu của prôfin *P, Wt* là độ sâu của prôfin gợn sóng *W* và *Rz* là prôfin độ nhám. Có rất nhiều thông số về độ nhám (Độ nhẵn bóng bề mặt). Ở đây chỉ đi ngắn vào các thông số quan trọng.

■ Các thông số độ nhám theo quy ước

Những thông số độ nhám theo ISO đã được phổ biến rộng rãi như *Ra, Rz* và *Rt và Rmax* tuy đã được ISO thay thế bằng *Rt* nhưng vẫn còn được sử dụng.

Chiều cao nhấp nhô (**chiều cao đỉnh-trũng**) **trung bình** Rz_{DIN} là trung bình cộng của từng chiều cao nhấp nhô Z_1 đến Z_5.

Chiều cao nhấp nhô lớn nhất *Rmax* là Chiều cao nhấp nhô lớn nhất của 5 lần đo khác nhau.

Chiều cao nhấp nhô *Rt* là khoảng cách giữa đỉnh cao nhất của đường prôfin và thung lũng (điểm trũng) thấp nhất của đường prôfin trong tất cả khoảng đo *ln* (**Hình 1**).

Sai lệch trung bình *Ra* (**Trung bình sai lệch số học biên độ**) là số trung bình cộng của tất cả trị số tuyệt đối ở trục z của prôfin nhám trong từng khoảng đo *lr. Ra* tương ứng với chiều cao của một hình chữ nhật có diện tích bằng diện tích giữa prôfin và đường trung bình (**Hình 2**). Các thông số nhám theo quy ước chỉ là độ lớn theo chiều thẳng góc chứ tự nó không nói lên được hình dạng của prôfin. Qua việc tạo thành tỷ lệ, thí dụ như R_p (độ sâu san phẳng) với R_z người ta cũng có thể kết luận về hình dạng của đường prôfin (**Hình 3**).

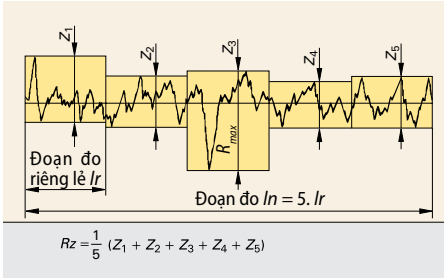
■ Các thông số của biểu đồ hiển thị phần vật liệu (biểu đồ Abbott)*

Ta nhận được biểu đồ Abbott, khi trị số phần vật liệu được tìm nhiều như có thể ở nhiều mặt cắt của prôfin bề mặt. Ở mỗi đường cắt, ta cộng lại các đoạn cắt đường prôfin và chia tổng số với đoạn đường đo. Từ đó phần vật liệu cho ra được tính bằng phần trăm, thí dụ *Rmr* = 25 % ở độ cao đường cắt c1 (**Hình 4**).

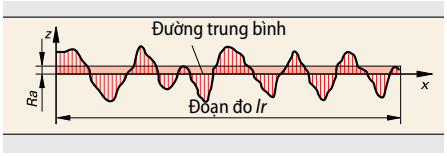
Đường biểu diễn phần vật liệu về diễn tiến của prôfin cho ra lời giải thích về cấu trúc prôfin của bề mặt. Các thông số dùng để đánh giá các mặt phẳng có chức năng chịu tải cao, thí dụ như của bề mặt trượt.

Ta có thể chia biểu đồ phần vật liệu ra làm 3 phạm vi prôfin được qui định bằng các thông số **chiều cao đỉnh giản lược R_{PK}, độ nhám lõi R_K** và **chiều sâu độ trũng giản lược R_{VK}**. Các độ lớn trung tâm ***Mr1*** và ***Mr2*** cho biết phần vật liệu ở ranh giới của phạm vi lõi (**Hình 5**).

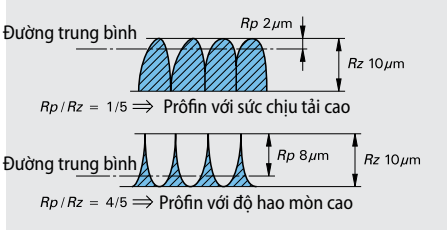
* được gọi theo tên người Mỹ Abbott.



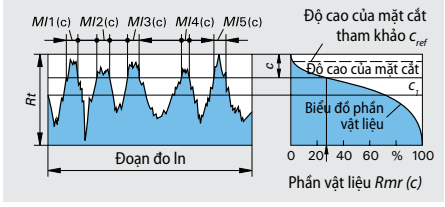
Hình 1: Chiều cao nhấp nhô *Rt*, Chiều cao nhấp nhô lớn nhất *Rmax* và chiều cao nhấp nhô (chiều cao đỉnh-trũng) trung bình *Rz*



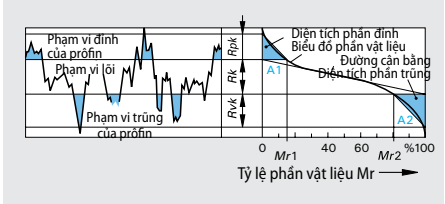
Hình 2: Sai lệch trung bình *Ra*



Hình 3: Prôfin dạng lược với đỉnh tròn và đỉnh nhọn với cùng *Rmax* và *Rz*



Hình 4: Cách suy ra biểu đồ phần vật liệu

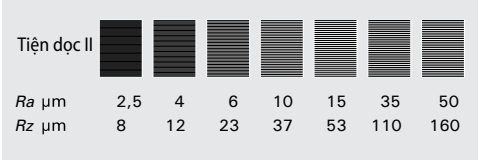


Hình 5: Các phạm vi prôfin và các thông số của biểu đồ phần vật liệu

1.4.3 Những phương pháp kiểm tra bề mặt

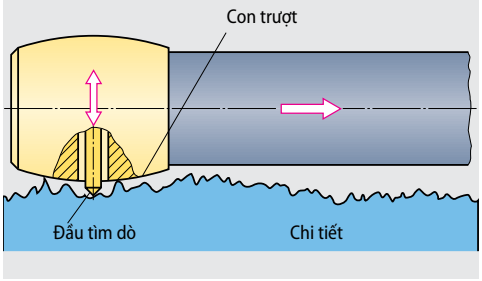
■ Các loại phương pháp kiểm tra

Mẫu so sánh bề mặt được sử dụng để so sánh bề mặt qua tìm dò hoặc bằng mắt. Điều kiện để so sánh là mẫu so sánh và chi tiết gia công có cùng vật liệu và có cùng phương pháp chế tạo, thí dụ như tiện theo chiều dọc (**Hình 1**). So sánh tìm dò được thực hiện với móng tay hoặc miếng nhỏ bằng đồng (lớn bằng cỡ đồng tiền). So sánh bằng mắt sẽ thuận lợi hơn khi nhìn đúng góc chiếu của ánh sáng và sử dụng kính lúp.



Hình 1: Mẫu so sánh bề mặt

Các thiết bị đo bề mặt làm việc với phương pháp đo biên dạng (phương pháp cắt tìm dò) ghi lại sự sai lệch của bề mặt với một đầu nhọn tìm dò bằng kim cương (**Hình 2**). Hình dáng lý tưởng của đầu nhọn tìm dò là một hình côn (60^0 hoặc 90^0) với đỉnh tròn. Ở độ nhám $Rz > 3$ µm chọn đầu nhọn với bán kính đỉnh $r_{sp} = 5$ µm, ở $Rz > 50$µm chọn $r_{sp} = 10$ µm. Cho độ nhám sâu $Rz < 3$µm trị số nên dùng cho bán kính đỉnh là 2 µm, vì bán kính đỉnh nhỏ hơn có thể tìm dò tốt hơn ở các thung lũng (điểm trũng) nhỏ của prôfin.

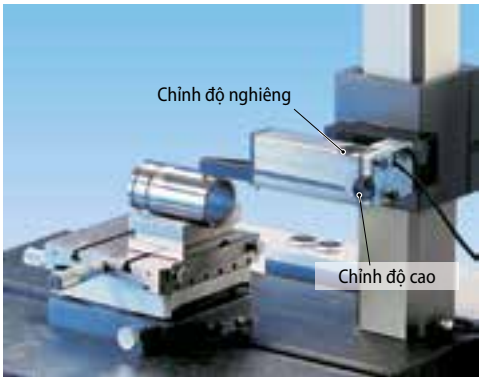


Hình 2: Hệ thống tìm dò với con trượt di động

Hệ thống tìm dò với con trượt di động thích hợp cho việc đo độ nhám với các thiết bị xách tay đo bề mặt (Hình 2 và **Hình 3**). Ở hệ thống tìm dò này đầu tìm dò thu nhận prôfin nhám tương đối so với đường đi của con trượt. Phần lớn độ sóng được "lọc (loại) ra một cách cơ học" qua bán kính bằng 25 mm của con trượt.

Hình 3: Thiết bị đo xách tay với hệ thống tìm dò bằng con trượt di động

Trong hệ thống tìm dò với mặt chuẩn, còn gọi là hệ thống tìm dò tự do, một thanh trượt (thanh dẫn hướng) rất chính xác trong thiết bị dẫn tiến tạo thành mặt chuẩn (**Hình 4**). Qua việc chỉnh độ nghiêng, mặt chuẩn được điều chỉnh song song như có thể với bề mặt của chi tiết gia công. Khi prôfin D (prôfin sơ cấp) không lọc (hình 1, trang 39) cho thấy một vị trí quá nghiêng, thì phải điều chỉnh lại mặt chuẩn tốt hơn. Qua chuyển động tương đối của đầu tìm dò so với mặt chuẩn, người ta có thể đo tất cả các thông số.



Hình 4: Thiết bị dẫn tiến với hệ thống tìm dò bằng mặt chuẩn (cũng có thể chọn với hệ thống tìm dò bằng con trượt di động)

- Bán kính của đầu tìm dò hạn chế khả năng tìm dò ở các rãnh rất nhỏ
- Đầu tìm dò với con trượt di động chỉ nắm bắt được độ nhám.
- Hệ thống tìm dò với mặt chuẩn có thể đo độ nhám, độ sóng và các thành phần của sự sai lệch hình dạng.
- Chỉ có thể so sánh kết quả đo của các thiết bị đo khác nhau, nếu có thể biết được thông tin về phương pháp đo, thí dụ như hệ thống tìm dò, bán kính của đầu tìm dò và bộ lọc prôfin.

■ Phép đo các thông số độ nhám

Các phép đo phải được thực hiện ở vị trí bề mặt nơi được chờ đợi (dự đoán) là có trị số đo xấu nhất. Ở prôfin tuần hoàn (có chu kỳ lập lại), thí dụ prôfin của chi tiết tiện thì phải chọn hướng tìm dò thẳng góc với chiều của những đường rãnh. Ở prôfin không có tính chu kỳ nơi những đường rãnh thay chiều, chẳng hạn như từ các phương pháp gia công như mài, phay mặt phẳng đầu hoặc miết thì hướng tìm dò sẽ là bất kỳ.

Cách tiến hành ở prôfin tuần hoàn

- Đường rãnh trung bình *RSm* được ước đoán qua so sánh bằng mắt và tìm dò hoặc tìm qua phép đo thử. Ở vận tốc dẫn tiến khi tiện nó tương đương với *RSm*
- Từ *RSm* chọn bước sóng giới hạn λ_c *(cut-off)* theo đúng chuẩn và thực hiện phép đo, thí dụ độ nhám trung bình *Rz* (**Bảng 1**).

Với sự lựa chọn bước sóng giới hạn thì đoạn đo riêng lẻ cũng được phân bố đúng ở máy đo một cách tự động. Người ta cũng sử dụng cách viết Lc thay cho λ_c.

Bảng 1: Chọn bước sóng giới hạn

Prôfin tuần hoàn	Prôfin không tuần hoàn		Độ dài sóng giới hạn (giới hạn)	Đoạn đo riêng lẻ/ toàn bộ
Chiều ngang rãnh *RSm* bằng mm	*Rz, Rmax* (µm)	*Ra* (µm)	mm	*Lr / ln* (mm)
>0,04...0,13	>0,1...0,5	>0,02...0,1	0,25	0,25/1,25
>0,13...0,4	>0,5...10	>0,1...2	0,8	0,8/4,0
>0,4...1,3	>10...50	>2...10	2,5	2,5/12,5

Cách tiến hành ở prôfin không tuần hoàn

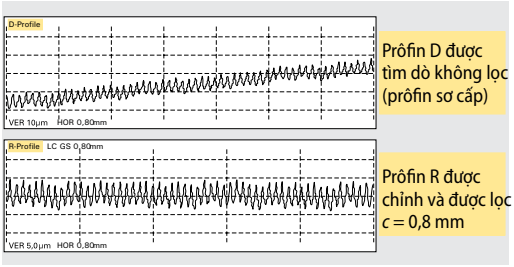
- Trị số chưa biết *Ra* hoặc *Rz* được ước đoán qua so sánh bằng mắt và tìm dò hoặc xét nghiệm qua phép đo thử với độ nhám giả định.
- Phép đo được thực hiện qua sử dụng trị số ước đoán của *Ra* và *Rz* với bước sóng giới hạn tương ứng.

Khi trị số đo *Ra* hoặc Rz không nằm trong phạm vi dự kiến, phép đo phải được thực hiện lại với bước sóng giới hạn lớn hơn hoặc nhỏ hơn (**Bảng 1**).

Thí dụ: Trị số đã được đo *Ra* = 1,5 µm quá nhỏ so với bước sóng giới hạn 2,5 mm. Phép đo phải được làm lại với bước sóng giới hạn nhỏ hơn là 0,8 mm. Nếu sau đó trị số đo *Ra* nằm giữa 0,1 µm và 2 µm, như vậy là trị số đo đúng.

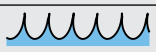
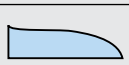
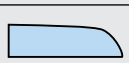
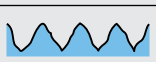
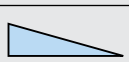
Bề mặt có dạng hình núi nên được đo bằng hệ thống tìm dò với mặt chuẩn và với bước sóng giới hạn là 0,8 mm (**Hình 1**).

Trị số giới hạn trên của độ nhám xem như giữ được, khi trị số đo đầu tiên không vượt quá 70% hoặc 3 trị số đầu tiên không vượt qua trị số giới hạn.



Hình 1: Biểu đồ prôfin (Hệ thống tìm dò với mặt chuẩn)

Bảng 2: Các prôfin của bề mặt

Rmax µm	*Rz* µm	Dạng prôfin	Biểu đồ phần vật liệu (đường cong Abbott)
1	1		
1	1		
1	0,4		
1	1		

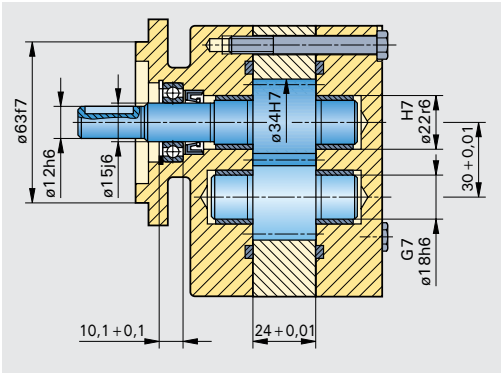
Ôn tập và đào sâu

1 Làm thế nào để ước đoán độ nhám qua so sánh bằng mắt hay tìm dò?
2 Tai sao nên dùng một đầu tìm dò với bán kính là 2 µm cho độ nhám < 3 µm?
3 Đặc tính chức năng nào của xy lanh máy có thể được đánh giá dựa trên cơ sở biểu đồ phần vật liệu?
4 Một chi tiết gia công được tiện với tốc độ dẫn tiến là 0,2 mm. Bề mặt của nó được kiểm tra với bước sóng giới hạn λ_c nào và với toàn bộ khoảng đo *ln* nào?
5 Nguyên nhân dẫn đến vị trí hơi nghiêng của prôfin D chưa lọc trong Hình 1?
6 Prôfin nào trong **Bảng 2** có đặc tính chức năng tốt nhất cho ổ trượt?

1.5 Dung sai và lắp ghép

Các cấu kiện của máy móc không phụ thuộc vào nhà sản xuất và phải được lắp ráp không gia công lại hay thay thế (**Hình 1**). Kích thước của chúng do đó chỉ có thể được phép sai biệt trong giới hạn với các kích thước yêu cầu. Độ lệch cho phép được qui định qua dung sai.

Dung sai kích thước cần đảm bảo chức năng có thể lắp ráp được của các sản phẩm và các bộ phận. Tuy nhiên vì lý do chi phí, không được lựa chọn dung sai nhỏ hơn mức cần thiết.



Hình 1: Dung sai và lắp ghép trong một máy bơm bánh răng (lựa chọn)

1.5.1 Dung sai

Về dung sai ta phân biệt giữa dung sai kích thước, dung sai hình dạng và dung sai vị trí. Dung sai kích thước dựa trên kích thước dài và góc, dung sai hình dạng và dung sai vị trí dựa trên hình dạng, chẳng hạn như độ phẳng hoặc vị trí, thí dụ như vuông góc.

■ Khái niệm cơ bản của dung sai kích thước

Cho những kích thước chủ yếu của lỗ (kích thước trong) và trục (kích thước ngoài), người ta sử dụng các khái niệm thống nhất và được chuẩn hóa (**Hình 2**). Tuy nhiên các ký hiệu viết tắt chỉ được chuẩn hóa một phần.

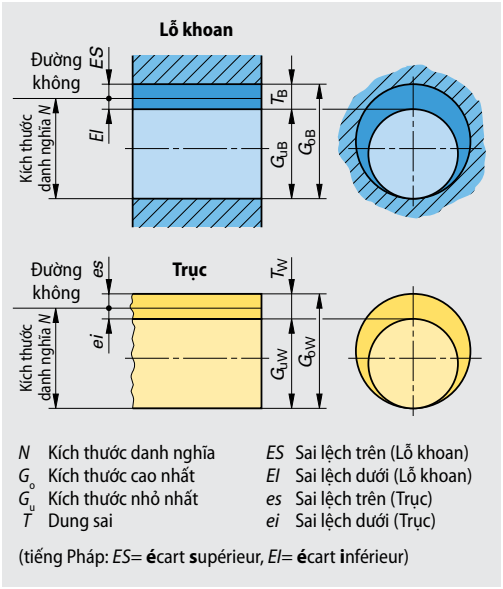
Kích thước danh nghĩa *N* là kích thước được ghi trong bản vẽ. Trong cách hiển thị bằng hình ảnh, nó tương ứng với kích thước danh nghĩa của **đường không**.

Độ lớn của dung sai được qui định bởi sai lệch trên *ES* cũng như *es* và sai lệch dưới *EI* cũng như *ei* (**Hình 3**). Các chữ hoa được sử dụng cho lỗ khoan, chữ thường cho trục. Trong cách hiển thị bằng hình ảnh, phạm vi giữa các độ lệch trên và dưới được gọi là **miền dung sai**.

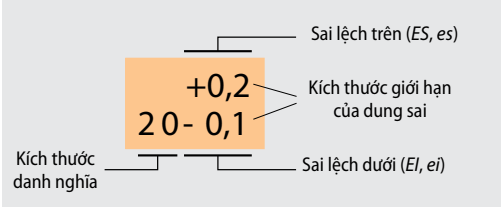
Dung sai của lỗ	$T_B = ES - EI$
Dung sai của trục	$T_W = es - ei$

Kích thước giới hạn của dung sai cũng được qui định qua độ lệch trên và dưới. Các kích thước giới hạn là **kích thước lớn nhất** (G_o giới hạn trên) và **nhỏ nhất** (G_u, giới hạn dưới).

Kích thước lớn nhất	**lỗ**	$G_{oB} = N + ES$
	trục	$G_{ow} = N + ES$
Kích thước nhỏ nhất	**lỗ**	$G_{uB} = N + EI$
	trục	$G_{uW} = N + EI$



Hình 2: Khái niệm và ký hiệu trong dung sai kích thước



Hình 3 : Kích thước danh nghĩa và sai lệch cho phép

Hiệu số (sự khác biệt) giữa kích thước lớn nhất và kích thước nhỏ nhất lại cho ra dung sai:

Dung sai (lỗ hoặc trục)	$T = G_o - G_u$

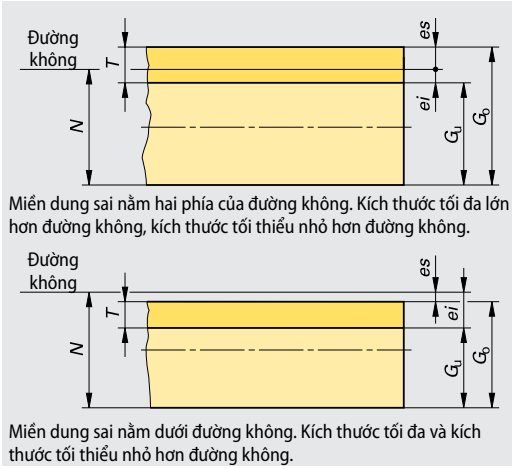
■ Vị trí miền dung sai

Vị trí miền dung sai có thể nằm trên, dưới hoặc cả hai phía của đường không (**Hình 1**).

Thí dụ: Một trục với đường kính danh nghĩa N = 80 mm có kích thước giới hạn của dung sai es = -30 µm và ei = -60 µm. Hãy tính kích thước lớn nhất G_o, kích thước nhỏ nhất G_u và dung sai T.

Lời giải: (**Hình 2**)

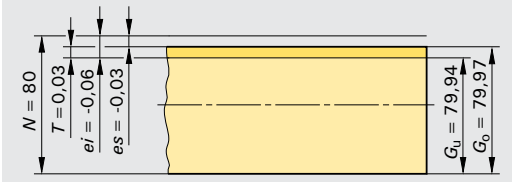
Kích thước lớn nhất G_o	**Kích thước nhỏ nhất G_u**
$G_o = N + ES$	$G_u = N + ei$
G_o = 80 mm + (– 0,03 mm)	G_u = 80 mm + (– 0,06 mm)
G_o = 79,97 mm	**G_u = 79,94 mm**
Dung sai *T*:	hay là
$T = G_o - G_u$	$T = es - ei$
T = 79,97 mm – 79,94 mm	T = – 0,03 mm – (– 0,06 mm)
***T* = 0,03 mm**	***T* = 0,03 mm**



Miền dung sai nằm hai phía của đường không. Kích thước tối đa lớn hơn đường không, kích thước tối thiểu nhỏ hơn đường không.

Miền dung sai nằm dưới đường không. Kích thước tối đa và kích thước tối thiểu nhỏ hơn đường không.

Hình 1: Vị trí miền dung sai (trích)



Hình 2: Kích thước giới hạn và dung sai

■ Dung sai tổng quát

Dung sai tổng quát được qui định sao cho có thể giữ được trong điều kiện bình thường khi sản xuất. Người ta phân biệt dung sai tổng quát cho các kích thước dài (**Bảng 1**), góc, bán kính đường cong và chiều cao mặt vát, cũng như dung sai tổng quát cho hình dạng (**Bảng 2**) và vị trí. Khi trong bảng vẽ có chỉ dẫn việc sử dụng dung sai tổng quát, điều này có nghĩa là dung sai tổng quát cũng được áp dụng cho chiều dài hoặc cho hình dạng và vị trí ở những nơi không quy định dung sai.

Khi bảng vẽ có chỉ dẫn việc sử dụng **dung sai tổng quát**, ví dụ như ghi vào "ISO 2768-m", dung sai tổng quát cho kích thước chiều dài do đó sẽ có giá trị cho những kích thước trong bảng vẽ, nơi mà dung sai của các kích thước này không được ghi. Dung sai tổng quát cho các kích thước chiều dài là dung sai cộng trừ. Độ lớn của dung sai tổng quát tùy thuộc vào phạm vi kích thước danh nghĩa và bậc dung sai.Chúng được chia theo 4 bậc: dung sai tinh (f), trung bình (m), thô (c), rất thô (v) (Bảng 1).

Thí dụ: Một bản vẽ kích thước theo tiêu chuẩn ISO 2768-m không cho biết dung sai. Kích thước giới hạn cho phép của kích thước danh nghĩa N = 120 mm là bao nhiêu?

Lời giải: Theo Bảng 1: ES = 0,3 mm, EI = - 0,3 mm

$G_o = N + ES$ = 120 mm + 0,3 mm = **120,3 mm**

$G_u = N + EI$ = 120 mm - 0, 3 mm = **119,7 mm**

Dung sai tổng quát cho hình dạng và vị trí bao gồm các bậc dung sai H, K và L. Chúng quy định sai lệch cho phép của các dạng hình học chính xác hoặc vị trí, nếu trong bản vẽ không có chỉ dẫn về dung sai.

Bảng 1: Dung sai tổng quát cho kích thước dài

Bậc dung sai	Kích thước giới hạn bằng mm cho phạm vi kích thước danh nghĩa bằng mm					
	0,5 đến 3	trên 3 đến 6	trên 6 đến 30	trên 30 đến 120	trên 120 đến 400	trên 400 đến 1000
f tinh	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3
m trung bình	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8
c thô	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
v rất thô	–	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4

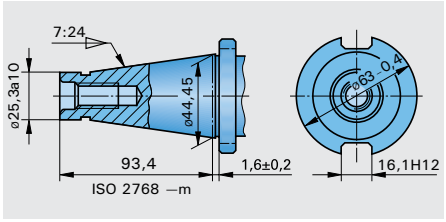
Bảng 2: Dung sai tổng quát cho hình dạng

Bậc dung sai	Dung sai bằng mm cho độ thẳng và độ phẳng trong phạm vi kích thước danh nghĩa bằng mm					
	đến 10	trên 10 đến 30	trên 30 đến 100	trên 100 đến 300	trên 300 đến 1000	trên 1000 đến 3000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

Tuy nhiên việc áp dụng các dung sai tổng quát phải được ghi nhận trong bảng vẽ, thí dụ theo tiêu chuẩn ISO 2768-K. Những ghi nhận về các dung sai tổng quát có giá trị cùng lúc cho các kích thước dài, có thể ghép chung vào với nhau, thí dụ như tiêu chuẩn ISO 2768-mK.

■ Dung sai tự chọn

Dung sai cũng có thể được xác định thông qua việc tự do lựa chọn (**Hình 1**, kích thước 1,6 và 63), nếu có yêu cầu về chức năng của các chi tiết. Khác với các dung sai tổng quát và dung sai theo tiêu chuẩn ISO, sai lệch được lấy trực tiếp từ bản vẽ. Thông thường cả ba phương pháp chỉ dẫn dung sai sẽ được sử dụng chung trong một bản vẽ.

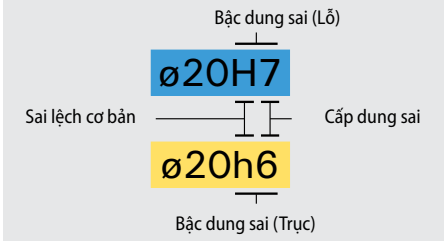


Hình 1: Các khả năng chỉ dẫn về dung sai

■ Dung sai theo chuẩn ISO

Trong dung sai theo chuẩn ISO được quốc tế sử dụng, độ lớn của dung sai và vị trí của nó đối với đường không, được chỉ dẫn qua bậc dung sai đã mã hóa, ví dụ như H7. Chữ cái trong trường hợp này chỉ **sai lệch cơ bản**, con số chỉ **cấp dung sai**.

Sai lệch cơ bản xác định vị trí của dung sai đối với đường không. **Cấp dung sai** cho thấy độ lớn của dung sai.



Hình 2: Ký hiệu của bậc dung sai

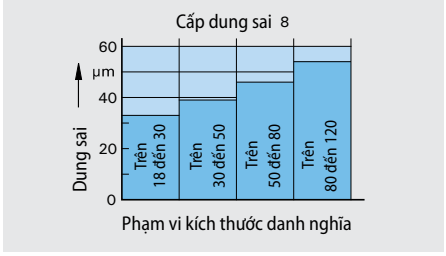
Độ lớn của dung sai (Hình 3 và 4)

Độ lớn của dung sai phụ thuộc vào cấp dung sai và kích thước danh nghĩa.

Kích thước danh nghĩa và cấp dung sai càng lớn, thì dung sai càng lớn.

Thí dụ: Ảnh hưởng của kích thước danh nghĩa
50H8 → T = 39 µm
100H8 → T = 54 µm

Ảnh hưởng của cấp dung sai
100H7 → T = 35 µm
100H8 → T = 54 µm



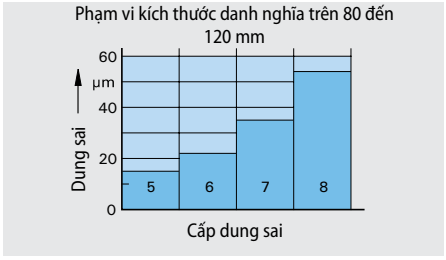
Hình 3: Sự lệ thuộc của dung sai vào kích thước danh nghĩa

Được xác định gồm có 20 cấp dung sai từ 01, 0, 1 đến 18 (**Bảng 1**) và 21 phạm vi kích thước danh nghĩa giữa 1 mm và 3150 mm.

Độ lớn của dung sai bằng nhau, nếu cấp dung sai và kích thước danh nghĩa bằng nhau.

Những dung sai thống nhất này được gọi là dung sai cơ bản, có thể lấy ra từ bảng trong các sách.

Thí dụ: 50H7 = 50 +0,025/0 → T = 0,025 mm
50G7 = 50 +0,034/+0,009 → T = 0,025 mm
10h9 = 10 0/–0,036 → T = 0,036 mm
10d9 = 10 –0,040/–0,076 → T = 0,036 mm



Hình 4: Sự lệ thuộc của dung sai vào cấp dung sai

Bảng 1: Cấp dung sai ISO

Cấp dung sai ISO	01 0 1 2 3 4	5 6 7 8 9 10 11	12 13 14 15 16 17 18
Lĩnh vực ứng dụng	Phương tiện kiểm tra, dưỡng làm việc	Máy công cụ, cơ khí và ô tô	Bán thành phẩm, chi tiết đúc, hàng tiêu dùng
Phương pháp gia công	Gia công chính xác (gia công tinh): Miết bóng, mài khôn	Doa, tiện, phay, mài, cán tinh	Cán, rèn, dập

■ Vị trí miền dung sai đối với đường không

Vị trí miền dung sai đối với đường không được quy định qua **sai lệch cơ bản**. Sai lệch cơ bản là độ lệch nằm gần đường không nhất (**Hình 1**).

Các **sai lệch cơ bản cho lỗ** (*ES*, *EI*) được đặt tên theo các chữ in hoa từ A đến Z, các **sai lệch cơ bản cho trục** *(es, ei)* được đặt tên theo các chữ in thường từ a đến z.

Đối với cấp dung sai từ 6 đến 11, sai lệch cơ bản Z cho lỗ được mở rộng thêm với các sai lệch cơ bản ZA, ZB và ZC và sai lệch cơ bản z cho trục được mở rộng với các sai lệch cơ bản za, zb và zc. Trong phạm vi kích thước danh nghĩa đến 10 mm có thêm sai lệch cơ bản CD, EF và FG cũng như cd, ef và fg.

Sai lệch cơ bản H và h bằng không. Miền dung sai tương ứng do đó bắt đầu từ đường không (**Hình 2** và **3**).

Kích thước nhỏ nhất cho **lỗ** ở miền dung sai H bằng kích thước danh nghĩa (Hình 2). Trái lại, ở **trục** kích thước lớn nhất ở miền dung sai h bằng kích thước danh nghĩa (Hình 2).

Thí dụ: Miền dung sai 25H7 và 25h9 nằm ở vị trí nào đối với đường không?
Lời giải: 25H7 = 25 + 0,021/0
Miền dung sai nằm trên đường không.
25h9 = 25 + 0/-0,025
Miền dung sai nằm dưới đường không.

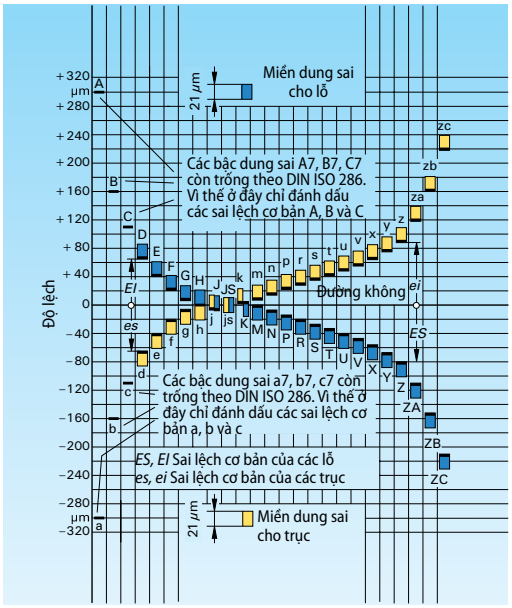
Độ lệch trên và độ lệch dưới bằng nhau, dung sai nằm đối xứng qua đường không. Sai lệch cơ bản cho dung sai đối xứng này được gọi là JS cho lỗ và js cho trục.

Thí dụ: Xác định độ lệch đối với miền dung sai 80js12.
Lời giải: Từ một bảng dung sai cơ bản ta có T = 0,3 mm.
Như thế 80js12 = 80 ± 0,15 mm.

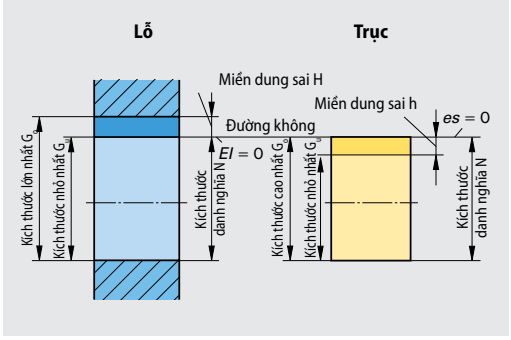
Miền dung sai nằm càng xa đường không khi chữ cái trong bảng chữ cái nằm xa H cũng như h.

Các chữ hoa I, L, O, Q và W và các chữ thường tương ứng không được sử dụng để tránh bị nhầm lẫn.

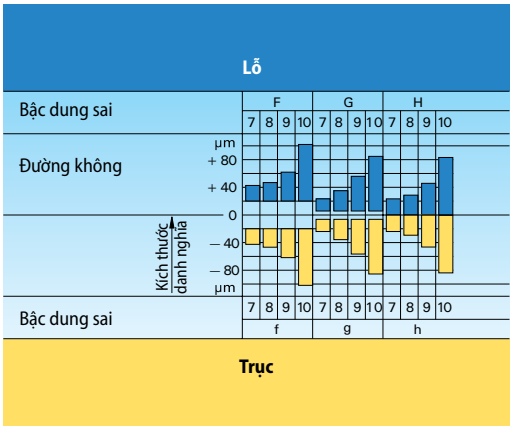
Thí dụ: Miền dung sai 25k6 và 25r6 nằm như thế nào đối với đường không?
Lời giải: 25k6 = 26 + 0,015/+0,002
Miền dung sai nằm trên đường không một tí.
25r6 = 25 + 0,041/+0,028
Miền dung sai nằm xa trên đường không.



Hình 1: Vị trí miền dung sai đối với đường không.
Thí dụ: Kích thước danh nghĩa 25, cấp dung sai 7



Hình 2: Vị trí của miền dung sai H và h



Hình 3: Độ lớn và vị trí miền dung sai cho kích thước danh nghĩa 25

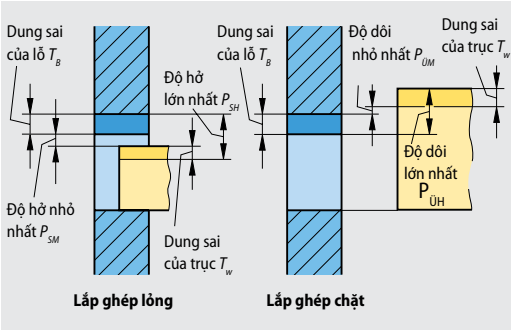
1.5.2 Lắp ghép

Khi hai chi tiết được lắp ghép với nhau thì kích thước phải vừa vặn ở mối ráp. Trong lắp ghép người ta gọi phần bên trong là "lỗ", phần bên ngoài là "trục".

Lắp ghép được xác định qua sai biệt giữa kích thước của lỗ và kích thước của trục.

■ Các loại lắp ghép

Thông qua việc lựa chọn bậc dung sai của lỗ và trục khi lắp ghép ta có độ hở hoặc độ dôi.



Hình 1: Lắp ghép lỏng và lắp ghép chặt

Trong **lắp ghép lỏng** luôn luôn có độ hở ("không khí"), **lắp ghép chặt** luôn luôn có độ dôi. Khi bậc dung sai được chọn có thể xuất hiện lắp ghép lỏng hoặc chặt, ta gọi là **lắp ghép trung gian**.

Lắp ghép lỏng. Kích thước nhỏ nhất của lỗ luôn luôn lớn hơn, trong trường hợp giới hạn cũng bằng kích thước lớn nhất của trục (**Hình 1, 2** và **4**).

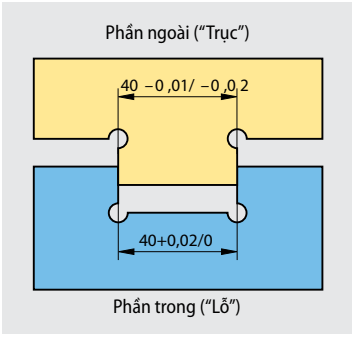
Độ hở lớn nhất P_{SH} là hiệu số giữa kích thước lớn nhất của lỗ G_{oB} và kích thước nhỏ nhất của trục G_{uW}.

Độ hở lớn nhất $P_{SH} = G_{oB} - G_{uW}$

Độ hở nhỏ nhất P_{SM} là hiệu số giữa kích thước nhỏ nhất của lỗ G_{uB} và kích thước lớn nhất của trục G_{oW}.

Độ hở nhỏ nhất $P_{SM} = G_{uB} - G_{oW}$

Thí dụ: Độ hở lớn nhất và nhỏ nhất ở lắp ghép trong **Hình 2** là bao nhiêu?
Lời giải: $P_{SH} = G_{oB} - G_{uW} = 40{,}02\text{ mm} - 39{,}98\text{ mm} = \mathbf{+0{,}04\text{ mm}}$
$P_{SM} = G_{uB} - G_{oW} = 40{,}00\text{ mm} - 39{,}99\text{ mm} = \mathbf{+0{,}01\text{ mm}}$



Hình 2: Lắp ghép lỏng

Lắp ghép chặt. Kích thước lớn nhất của lỗ luôn luôn nhỏ hơn, trong trường hợp giới hạn cũng bằng kích thước nhỏ nhất của trục (**Hình 1, 3** và **4**).

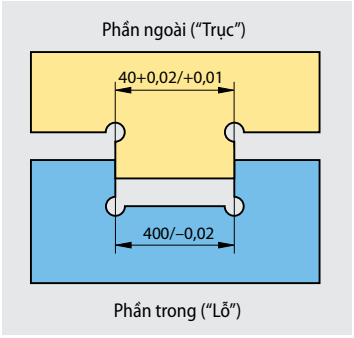
Độ dôi lớn nhất $P_{ÜH}$ là hiệu số giữa kích thước nhỏ nhất của lỗ G_{uB} và kích thước lớn nhất của trục G_{oW}.

Độ dôi lớn nhất $P_{ÜH} = G_{uB} - G_{oW}$

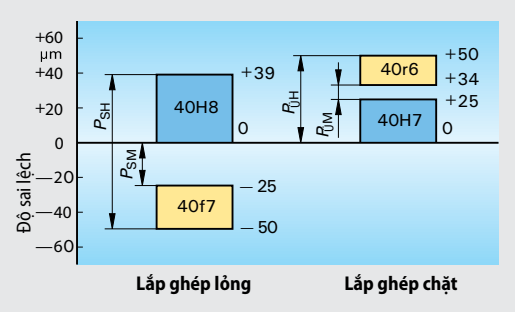
Độ dôi nhỏ nhất $P_{ÜM}$ là hiệu số giữa kích thước lớn nhất của lỗ G_{oB} và kích thước nhỏ nhất của trục G_{uW}.

Độ dôi nhỏ nhất $P_{ÜM} = G_{oB} - G_{ouW}$

Thí dụ: Độ dôi lớn nhất và nhỏ nhất ở lắp ghép trong **Hình 3** là bao nhiêu?
Lời giải: $P_{ÜH} = G_{uB} - G_{oW} = 39{,}98\text{ mm} - 40{,}02\text{ mm} = -0{,}04\text{ mm}$
$P_{ÜH} = G_{oB} - G_{uW} = 40{,}00\text{ mm} - 40{,}01\text{ mm} = -0{,}01\text{ mm}$



Hình 3: Lắp ghép chặt



Hình 4: Vị trí miền dung sai ở lắp ghép lỏng và lắp ghép chặt

Lắp ghép trung gian. Trong lắp ghép trung gian, tùy theo kích thước thực của lỗ và trục khi lắp ghép sẽ phát sinh hoặc là độ hở hay độ dôi (**Hình 1**).

Thí dụ: Hãy xác định kích thước lớn nhất G_o và kích thước nhỏ nhất G_u của lỗ và trục tương ứng ở lắp ghép Ø 20 H7/n6 (**Hình 2**).
Ngoài ra độ hở lớn nhất P_{SH} và độ dôi lớn nhất $P_{ÜH}$ là bao nhiêu?

Lời giải: Lỗ:
(**Hình 3**) $\boldsymbol{G_{oB}} = N + ES$
$= 20\text{mm} + 0{,}021\text{mm} = \mathbf{20{,}021mm}$
$\boldsymbol{G_{uB}} = N + EI$
$= 20\text{mm} + 0\text{mm} = \mathbf{20{,}000mm}$
Trục:
$\boldsymbol{G_{oW}} = N + es$
$= 20\text{mm} + 0{,}028\text{mm} = \mathbf{20{,}028mm}$
$\boldsymbol{G_{uW}} = N + ei$
$= 20\text{mm} + 0{,}015\text{mm} = \mathbf{20{,}015mm}$
Độ hở lớn nhất:
$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW}$
$= 20{,}021\text{mm} - 20{,}015\text{mm} = \mathbf{0{,}006mm}$
Độ dôi lớn nhất:
$P_{ÜH} = G_{uB} - G_{oW}$
$= 20{,}000\text{mm} - 20{,}028\text{mm} = \mathbf{-\,0{,}028mm}$

■ Hệ thống lắp ghép

Để giữ cho chi phí sản xuất và kiểm tra thấp, kích thước có dung sai thường được gia công theo hệ thống lắp ghép lỗ cơ bản hoặc hệ thống lắp ghép trục cơ bản.

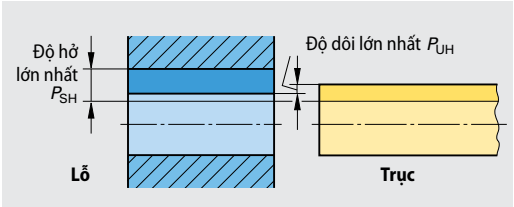
■ Hệ thống lắp ghép lỗ cơ bản

Trong **hệ thống lắp ghép lỗ cơ bản** các kích thước lỗ nhận được sai lệch cơ bản H.

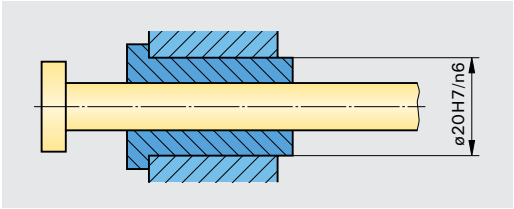
Lỗ cơ bản này được phân bổ với các trục có những sai lệch cơ bản khác nhau để đạt được loại lắp ghép như mong muốn (**Hình 4** và **5**).

Phạm vi các loại lắp ghép	
Lắp ghép lỏng:	H / a... h
Lắp ghép trung gian:	H / j... n hoặc p
Lắp ghép chặt:	H / n hoặc p... z

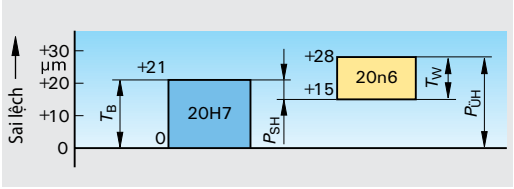
Hệ thống lắp ghép lỗ cơ bản được sử dụng chủ yếu trong ngành chế tạo máy và chế tạo ô tô. Ở đó có rất nhiều đường kính lỗ khác nhau. Vì sản xuất và kiểm tra lỗ chính xác mất nhiều công sức hơn trục nên người ta giới hạn sai lệch cơ bản A... Z vào sai lệch cơ bản H.



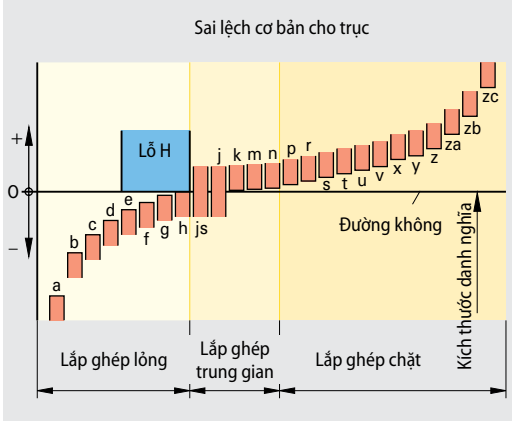
Hình 1: Lắp ghép trung gian



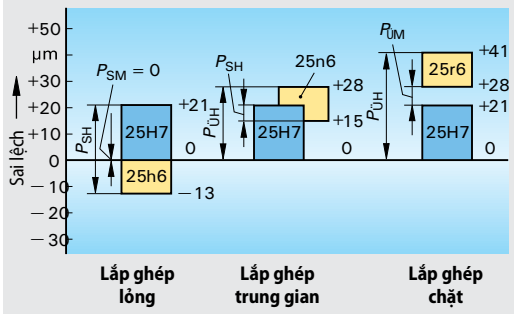
Hình 2: Thí dụ về lắp trung gian



Hình 3: Lắp ghép 20 H7 / n6



Hình 4: Hệ thống lắp ghép lỗ cơ bản



Hình 5: Vị trí của miền dung sai trong hệ thống lắp ghép lỗ cơ bản

Các thí dụ tiếp theo để tính lắp ghép trong hệ thống lắp ghép lỗ cơ bản

Hãy tính độ hở lớn nhất và nhỏ nhất cũng như độ dôi lớn nhất và nhỏ nhất cho các lắp ghép lỏng, lắp ghép trung gian và lắp ghép chặt trong hình 5, trang 45.

Lời giải:

Lắp ghép lỏng 25 H7/h6:	**Độ hở lớn nhất**	$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW}$ = 25,021mm – 24,987mm = **0,034mm**
	Độ hở nhỏ nhất	P_{SM} = GuB–GoW = 25,000mm – 25,000mm = **0mm**
Lắp ghép trung gian 25 H7/n6:	**Độ hở lớn nhất**	$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW}$ = 25,021mm – 25,015mm = **0,006mm**
	Độ dôi lớn nhất	$P_{ÜH} = G_{uB} - G_{oW}$ = 25,000mm – 25,028mm = **– 0,028mm**
Lắp ghép chặt 25 H7/r6:	**Độ dôi lớn nhất**	$P_{ÜH} = G_{uB} - G_{oW}$ = 25,000mm – 25,041mm = **– 0,041mm**
	Độ dôi nhỏ nhất	$P_{ÜM} = G_{oB} - G_{uW}$ = 25,021mm – 25,028mm = **– 0,007mm**

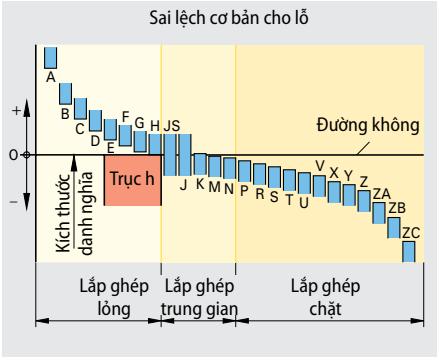
■ Hệ thống lắp ghép trục cơ bản

Trong **hệ thống lắp ghép trục cơ bản** các kích thước trục nhận được **sai lệch cơ bản h**.

Trục cơ bản này được phân bổ với các lỗ có những sai lệch cơ bản khác nhau để đạt được loại lắp ghép như mong muốn (**Hình 1**).

Phạm vi các loại lắp ghép

Lắp ghép lỏng:	h / A.....H
Lắp ghép trung gian:	h / J.....N hoặc P
Lắp ghép chặt:	h / N hoặc P... Z



Hình 1: Hệ thống lắp ghép trục cơ bản

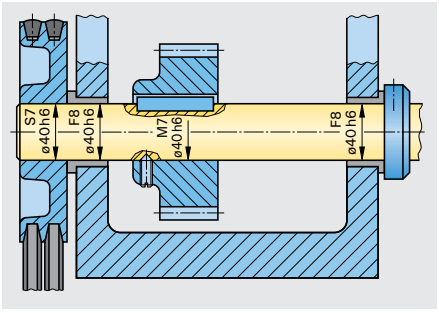
Hệ thống lắp ghép trục cơ bản được sử dụng chủ yếu ở những nơi mà trục dài có đường kính không thay đổi. Đây là một phần trong trường hợp các thiết bị nâng, máy dệt và máy nông nghiệp.

Thí dụ: Trong một bộ truyền động, đĩa được ép vào trục. Trục tự quay trong hai ổ trượt và mang theo ở giữa một bánh răng (**Hình 2**).

a) Hãy tìm từ bảng dung sai theo tiêu chuẩn ISO, độ lệch của bốn bậc dung sai.

b) Mô tả ba loại lắp ghép với các miền dung sai bằng đồ họa.

c) Hãy tính độ hở lớn nhất và nhỏ nhất cũng như độ dôi lớn nhất và nhỏ nhất rồi ghi kết quả vào sơ đồ.



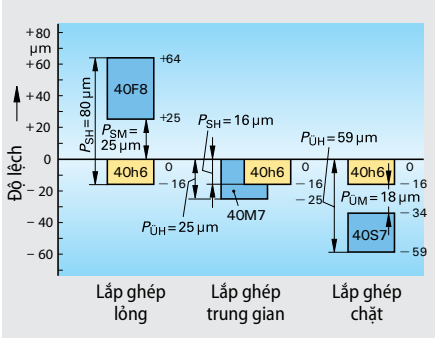
Hình 2: Lắp ghép trong hệ thống trục cơ bản

Lời giải: Mô tả bằng đồ thị trong **Hình 3**.

■ Hệ thống lắp ghép hỗn hợp

Trong tất cả những nhà máy các bộ phận và các chi tiết tiêu chuẩn của nhà sản xuất khác được sử dụng chung với sản phẩm riêng. Các bộ phận này có các miền dung sai hoàn toàn khác nhau. Điều này khiến cho các hệ thống lắp ghép lỗ và trục cơ bản không thể giữ được triệt để.

Thí dụ: Một nhà máy sản xuất theo hệ thống lỗ cơ bản, sử dụng then với bậc dung sai h6. Lắp ghép trung gian như mong muốn đòi hỏi cho rãnh then bậc dung sai P9. Nhưng nhóm lắp ghép h6 /P9 lại thuộc về hệ thống trục cơ bản.



Hình 3: Vị trí của miền dung sai (Trục cơ bản)

■ Lựa chọn lắp ghép

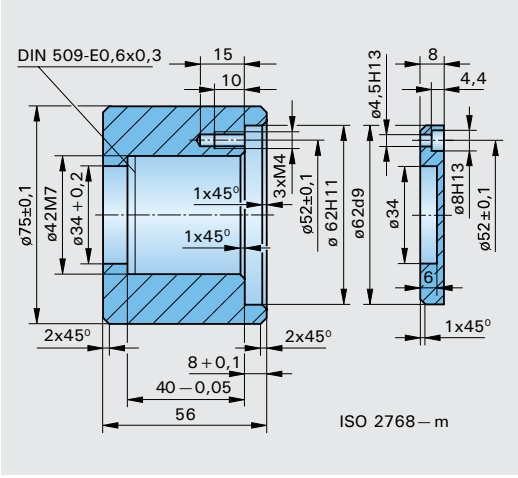
Mỗi bậc dung sai trục đều có thể kết hợp được với bất kỳ bậc dung sai lỗ nào. Qua đó sẽ phát sinh rất nhiều khả năng với nhiều đường kính danh nghĩa có sẵn, điều mà dụng cụ, thiết bị đo và dưỡng kiểm phải được chuẩn bị sẵn sàng. Sự đa dạng này là không cần thiết và không thể chấp nhận được về mặt kinh tế. Để lựa chọn, người ta chuẩn bị sẵn hai **dãy ưu tiên được chuẩn hóa** cho các lắp ghép, trong đó dãy 1 được ưu tiên hơn dãy 2. **Bảng 1** chỉ để ý lắp ghép theo nhóm 1. Các đề nghị khác về lắp ghép có thể lấy từ sách.

Bảng 1: Lựa chọn lắp ghép (thí dụ)

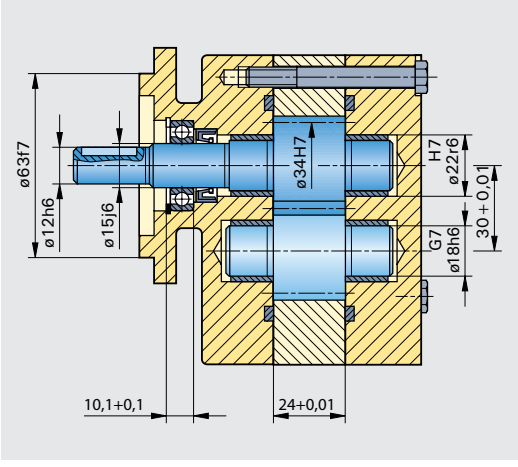
Lựa chọn	Tính chất
Lắp ghép lỏng	
H8/f7	Độ hở nhỏ. Các chi tiết có thể trượt dễ dàng
H8/h9	Hầu như không có độ hở. Các bộ phận vẫn còn có thể đẩy trượt đi bằng tay được.
H6/h6	Độ hở rất nhỏ. Các bộ phận không thể đẩy trượt đi bằng tay được nữa.
Lắp ghép trung gian	
H7/n6	Đúng ra có độ dôi hơn là độ hở. Cần sử dụng lực nhỏ để lắp ráp.
Lắp ghép chặt	
H7/r6	Độ dôi nhỏ. Các chi tiết được lắp ráp với lực vừa phải.
H7/u8	Độ dôi lớn. Lắp ráp chỉ có thể thực hiện được qua phương pháp kéo căng ra hoặc co lại.

Ôn tập và đào sâu

1. Vị trí của miền dung sai đối với đường không được qui định như thế nào trong dung sai tiêu chuẩn ISO?
2. Trong một bản vẽ với các kích thước không có ghi dung sai người ta cho chỉ dẫn tham chiếu: ISO 2768-f. Kích thước danh nghĩa 25 được phép có kích thước giới hạn nào?
3. Độ lớn của dung sai tùy thuộc vào cái gì?
4. Người ta phân biệt các loại lắp ghép nào?
5. Qua đâu người ta phân biệt được "lỗ cơ bản" và "trục cơ bản" ở hệ thống dung sai lắp ghép?
6. Lắp ghép trong bản vẽ tổng hợp được ghi là Ø40H7/m6. Hãy tạo một bảng độ sai lệch bằng cách sử dụng sách bảng và tính độ hở lớn nhất và độ dôi lớn nhất.
7. Hãy xác định cho con lăn với nắp đậy (**Hình 1**) các độ lớn sau đây:
   - Kích thước lớn nhất và nhỏ nhất cũng như dung sai cho sáu kích thước tự chọn
   - Độ hở lớn nhất và nhỏ nhất cho lắp ghép của nắp đậy và con lăn.
   - Độ hở lớn nhất và độ dôi lớn nhất giữa vòng ngoài của ổ bi được ráp với lỗ khoan 42M7 của con lăn. Kích thước ngoài của ổ lăn với dung sai là 42-0,011.
8. Trong máy bơm bánh răng (**Hình 2**), một số các dung sai và lắp ghép quan trọng cho chức năng và việc lắp ráp được ghi. Hãy tính dung sai, kích thước giới hạn của dung sai cũng như độ hở lớn và nhỏ nhất hoặc độ dôi lớn và nhỏ nhất cho:
   - Ø18G7 (Ổ trượt) / h6 (trục)
   - Ø22H7 (Nắp đậy) / r6 (ổ trượt)
   - 24 + 0,01 (Tấm) / 24 – 0,01(Bánh răng)
   - Ø12h8 (trục) / Ø12H7 (Bánh đai)



Hình 1: Con lăn với nắp đậy



Hình 2: Bơm bánh răng

1.6 Kiểm tra hình dạng và vị trí

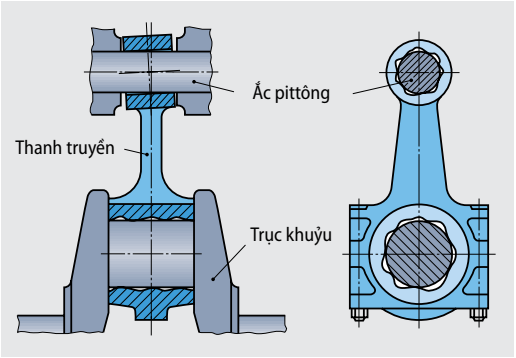
"Hình dáng lý tưởng" của các bộ phận được nhà thiết kế định rõ trong bản vẽ sao cho có thể đạt được các yêu cầu về chức năng. Những "hình dáng thực sự" của phôi lại khác biệt với hình dáng lý tưởng của bản vẽ vì những ảnh hưởng khi chế tạo (**Hình 1**).

Nguyên nhân cho những sai lệch về hình dạng và vị trí của phôi:

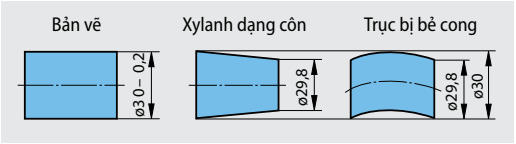
- Sai lệch kích thước gây ra bởi sự điều chỉnh dụng cụ, ăn mòn, lực cắt hoặc nhiệt khi gia công.
- Sai lệch hình dạng, chẳng hạn như độ tròn hoặc độ phẳng, có thể phát sinh từ lực kẹp, lực cắt, dao động hoặc ứng suất riêng trong phôi.
- Sai lệch vị trí, như sự song song của các trục hoặc các bề mặt có thể phát sinh thông qua tác động của lực đẩy khi gia công, lực kẹp hoặc vị trí sai lệch của máy.

Độ lệch của các kích thước, hình dạng tròn và trục ở truyền động trục khuỷu (Hình 1) có tính chất quyết định cho độ hở ổ trục và phần chịu lực của các bề mặt tiếp xúc.

Khả năng lắp ghép của các bộ phận chịu ảnh hưởng của sai lệch kích thước và hình dạng nhiều hơn là của chất lượng bề mặt tiếp xúc. Tổng số của tất cả các độ lệch trên xác định liệu chức năng của các bộ phận có được bảo đảm hay không.



Hình 1: Sai lệch hình dạng và vị trí của một truyền động trục khuỷu (vẽ phóng đại)



Hình 2: Sai lệch hình dạng của xylanh trong khoảng dung sai kích thước

Sự cho phép có dung sai của kích thước và hình dạng	Dung sai kích thước	Dung sai độ tròn cho phép
ø32 h6	$T = 16\,\mu m$	$f_{Kzul} \leq 16\,\mu m$ tuy nhiên chỉ một dung sai độ tròn là có ý nghĩa. $f_K \leq T/2 \leq 8\,\mu m$
ø32 h6, ○ 0,005	$T = 16\,\mu m$	$f_K \leq 5\,\mu m$

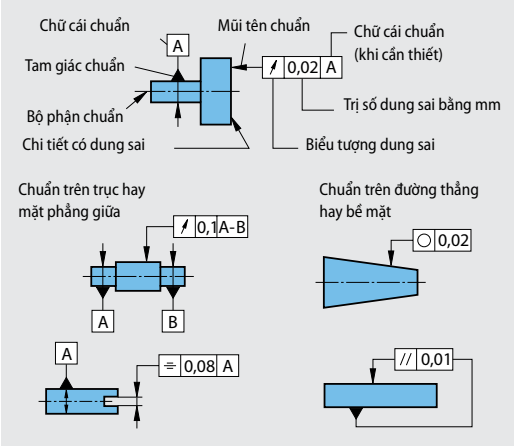
Hình 3: Dung sai kích thước và độ tròn

1.6.1 Dung sai hình dạng và vị trí

■ Độ lớn của dung sai hình dạng và vị trí

Nếu các dung sai hình dạng và vị trí không được nêu ra trong bản vẽ, tất cả các sai lệch phải nằm trong dung sai kích thước (**Hình 2**). Khi sai lệch hình dạng và vị trí là điều quan trọng đối với chức năng của các bộ phận, mặc dù không được nêu ra trong bản vẽ, chúng không nên vượt quá một nửa dung sai kích thước (**Hình 3**).

Trong khi đo nếu không lưu ý đến các thông tin bản vẽ về "chi tiết chuẩn" và "chi tiết có dung sai" (**Hình 4**), thì sự đo đạc này không được chấp nhận, thí dụ trên thiết bị đo hình dạng, một trục được kẹp ở phần xylanh có dung sai để đo độ đảo tại cổ trục.



Hình 4: Chỉ dẫn dung sai trong bản vẽ

■ Các loại dung sai

Tùy theo loại dung sai người ta phân biệt dung sai vị trí với các nhóm dung sai hướng, dung sai chỗ và dung sai chạy, dung sai hình dạng với các nhóm dung sai độ phẳng, dung sai độ tròn và dung sai tiết diện (**Bảng 1**). Nói chung chữ *t* thường được sử dụng là ký kiệu ngắn cho dung sai và chữ *f* cho độ sai lệch tương ứng (Bảng 1). Toàn bộ 14 dung sai riêng lẻ và sai lệch của chúng được thể hiện qua các chỉ số, thí dụ như t_K và f_K cho độ tròn (dạng vòng tròn).

■ Tất cả **dung sai vị trí** là dung sai chuẩn vì vị trí của các chi tiết có dung sai luôn dựa trên chi tiết chuẩn hoặc trục chuẩn.

Dung sai hướng có tính chất quyết định cho chức năng của máy, ví dụ **độ song song** của rãnh trượt hoặc **độ vuông góc** của trục chính máy phay với bàn máy. **Dung sai nghiêng** có liên quan đến **dung sai góc**. Một lỗ khoan có dung sai như trong Bảng 1, nghiêng 60^0 với bề mặt chuẩn A, phải nằm giữa hai mặt phẳng song song với khoảng cách 0,1mm.

Dung sai chỗ giới hạn, ví dụ như độ lệch của lỗ với **vị trí** chính xác. Bởi vì khu vực dung sai có dạng tròn tại **điểm** và có dạng ống tại **đồng trục,** cho nên một ký hiệu đường kính được đặt trước trị số dung sai.

Dung sai đồng trục giới hạn độ lệch trục của xylanh khảo sát với trục của xylanh chuẩn. Thí dụ điển hình cho **dung sai đối xứng** là vị trí của rãnh và lỗ nằm đối xứng với mặt phẳng ở giữa. Tất cả **dung sai chạy** đều có một trục làm chuẩn. Lúc đo phôi quay chung quanh trục này trong khi độ đồng tâm hoặc dung sai mặt đầu được đo.

■ **Dung sai hình dạng** giới hạn hình dạng của từng bộ phận riêng lẻ của một vật thể, chẳng hạn như một xylanh hoặc một bề mặt phẳng (Bảng 1).

Dung sai hình dạng phẳng giới hạn các độ lệch từ các cạnh thẳng, đường bao ngoài của xylanh hoặc của các bề mặt phẳng. **Dung sai dạng tròn** được dựa trên hình trụ và hình côn với các khu vực dung sai dạng vòng.

■ **Dung sai prôfin** giới hạn hình dạng của các bề mặt hoặc các đường biên tiết diện, thí dụ như mặt cắt, của một cánh máy bay. Với dung sai mặt cắt các dung sai hình dạng của toàn bộ một cánh máy bay hoặc mui xe ôtô được giới hạn.

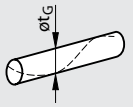
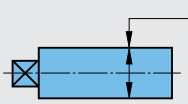
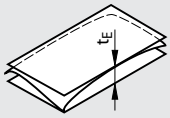
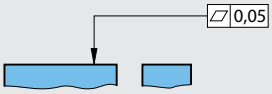
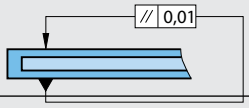
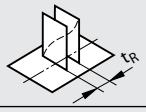
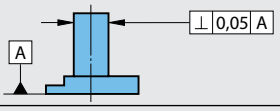
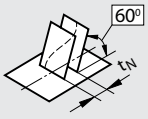
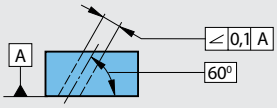
Bảng 1: Các loại dung sai

Loại	Nhóm	Biểu tượng	Tên gọi	Chỉ dẫn trong bản vẽ	Ký hiệu: Dung sai	Ký hiệu: Sai lệch
Dung sai vị trí	Dung sai hướng	//	Độ song song	// 0,01	t_P	f_P
		⊥	Độ vuông góc	⊥ 0,05 A	t_R	f_R
		∠	Độ nghiêng	∠ 0,1 A, 60°	t_N	f_N
	Dung sai chỗ	⊕	Điểm	SR ⊕ ø0,05, 100	t_{PS}	f_{PS}
		◎	Đồng trục Đồng tâm	◎ ø0,03 A	t_{KO}	f_{KO}
		⌯	Đối xứng	⌯ 0,08 A	t_S	f_S
	Dung sai chạy (Dung sai vận hành)	↗	Độ đảo theo đường tròn- hướng kính Độ đảo Độ đảo mặt đầu	↗ 0,1 A-B	t_L	f_L
		⌰	Độ đảo hướng kính tổng Độ đảo Độ đảo mặt đầu	⌰ 0,1 A-B	t_{LG}	f_{LG}
Dung sai hình dạng	Dung sai dạng phẳng	—	Độ thẳng	— ø0,03	t_G	f_G
		▱	Độ phẳng	▱ 0,05	t_E	f_E
	Dung sai dạng tròn	○	Độ tròn (dạng tròn)	○ 0,02	t_K	f_K
		⌭	Độ trụ (Dạng trụ)	⌭ 0,05	t_Z	f_Z
Dung sai prôfin	Dung sai prôfin	⌒	Đường có prôfin bất kỳ	⌒ 0,08	t_{LP}	f_{LP}
		⌓	Mặt có prôfin bất kỳ	⌓ 0,2	t_{FP}	f_{FP}

1.6.2 Kiểm tra các mặt phẳng và góc

Dung sai để kiểm tra được xác định trong bản vẽ kỹ thuật thông qua các loại dung sai cũng như vị trí và độ lớn của phạm vi dung sai (**Bảng 1**).

Bảng 1: Dung sai của đường thẳng, mặt phẳng và góc

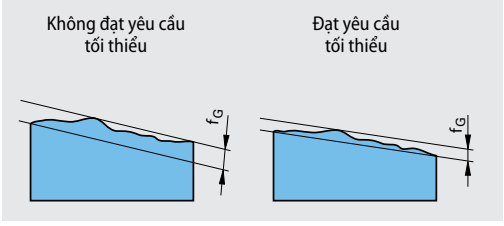
Ký hiệu và tính chất dung sai			Khu vực dung sai	Thí dụ ứng dụng: Chỉ dẫn trong bản vẽ	Thí dụ ứng dụng: Giải thích
Dung sai hình dạng phẳng	—	Độ thẳng			Trục của phần hình trụ bulông phải nằm trong xylanh với đường kính t_G = 0,03 mm
	▱	Độ phẳng			Bề mặt khảo sát (có dung sai) phải nằm giữa hai mặt phẳng song song với khoảng cách t_E = 0,05 mm
Dung sai hướng	//	Độ song song			Bề mặt khảo sát phải nằm giữa hai mặt phẳng song song với mặt phẳng chuẩn có khoảng cách t_P = 0,01 mm
	⊥	Độ vuông góc			Trục khảo sát phải nằm giữa hai mặt phẳng song song, thẳng góc với mặt phẳng chuẩn A và hướng mũi tên với khoảng cách t_R = 0,05 mm
	∠	Độ nghiêng			Trục của lỗ khoan phải nằm giữa hai mặt phẳng, nghiêng với mặt phẳng chuẩn A một góc 60° và song song với nhau với khoảng cách t_N = 0,01mm

■ Đo độ dung sai hình dạng theo điều kiện tối thiểu

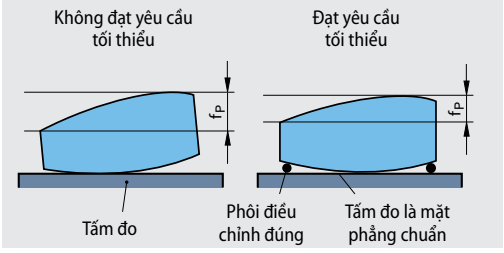
Mặt phẳng hoặc đường thẳng phải giới hạn chi tiết có dung sai sao cho khoảng cách của chúng tối thiểu. Khoảng cách này là độ lệch hình dạng (**Hình 1** và **Hình 2**).

Độ thẳng được giới hạn bởi hai đường thẳng song song. Các điều kiện tối thiểu được đáp ứng nếu đạt được khoảng cách nhỏ nhất giữa hai đường.

Để **đo độ song song**, mặt phẳng kiểm tra nào của chi tiết phẳng hơn sẽ được chọn làm mặt phẳng chuẩn. Vì chính mặt phẳng này cũng có sai lệch, nên nó phải được điều chỉnh lại, thí dụ với các chốt kiểm tra trên tấm đo theo điều kiện tối thiểu. Độ lệch song song f_P là khoảng cách đo được từ hai mặt phẳng song song chứa mặt phẳng có dung sai.



Hình 1: Đo độ thẳng



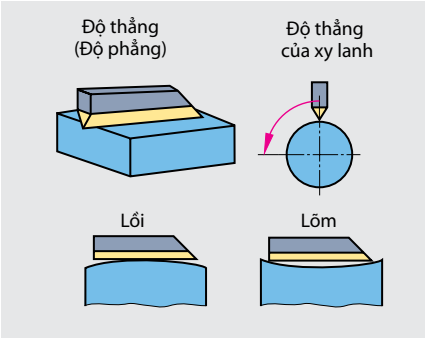
Hình 2: Đo độ song song

■ Kiểm tra độ thẳng và độ phẳng

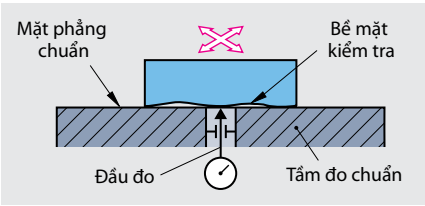
Trong phân xưởng **lưỡi dao thẳng nhọn** (thước tóc) được sử dụng để kiểm tra độ thẳng và độ phẳng (**Hình 1**). Độ vênh (độ không phẳng) từ 2 µm trở lên có thể nhìn thấy ở khe ánh sáng. Độ phẳng cũng chỉ có thể kiểm chứng gần đúng ở các lần đo lặp lại bằng lưỡi dao mẫu vì độ thẳng luôn luôn chỉ có thể được kiểm tra ở một khu vực bề mặt phẳng. Việc kiểm tra độ thẳng của xylanh được thực hiện với lưỡi dao thẳng ít nhất hai lần ở chu vi cách nhau 90^0.

Khi **so sánh độ phẳng** với tấm đo làm một mặt phẳng tiêu chuẩn, các chi tiết với bề mặt để kiểm tra được đặt trên tấm đo và người ta tìm kiếm độ lệch phẳng lớn nhất với một đầu đo (**Hình 2**).

Độ phẳng của mặt phẳng đo ở căn mẫu hoặc ở thước panme có thể được kiểm tra bằng **kính phẳng** với độ chính xác cao (**Hình 3**). Phương pháp kiểm tra dựa trên sự giao thoa của sóng ánh sáng. Có thể nhìn thấy và đo được độ sai lệch phẳng qua đường cong và số lượng của các vân giao thoa. Từ một vân giao thoa đến vân tiếp theo, khoảng cách của mặt phẳng đo đến tấm đo đã thay đổi khoảng 0,3 µm.



Hình 1: Kiểm tra độ thẳng và kiểm tra độ phẳng

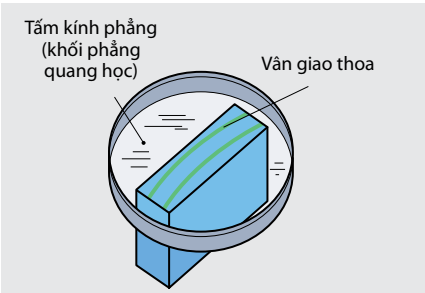


Hình 2: Kiểm tra độ phẳng

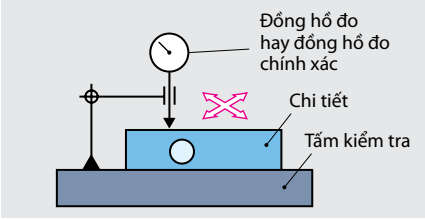
■ Đo độ song song

Độ song song có thể được kiểm tra trên một tấm đo với một đồng hồ đo chính xác (**Hình 4**). Chi tiết được chỉnh ngay ngắn với bề mặt có độ phẳng cao nhất trên tấm đo xem như là một mặt chuẩn. Để tìm độ lệch tối đa của mặt phẳng khảo sát, các điểm đo được phân bố đều trên bề mặt. Độ lệch song song là sự khác biệt giữa trị số hiển thị cao nhất và thấp nhất.

> Kiểm tra độ thẳng, độ phẳng và độ song song với nhiều điểm đo thì rất tốn kém. Do đó việc giới hạn vào một số điểm đo được phân bố đồng đều trên đối tượng đo sẽ là điều hữu ích. Sai lệch đo lớn nhất được so sánh với trị số dung sai quy định trong bản vẽ.



Hình 3: Kiểm tra độ phẳng

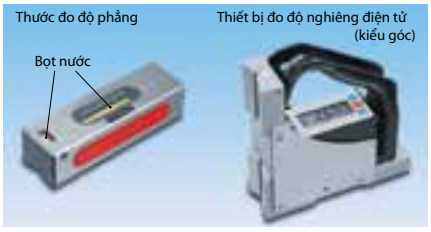


Hình 4: Kiểm tra độ song song

■ Kiểm tra hướng và độ nghiêng

Thước đo độ phẳng với bọt nước (nivô nước) được sử dụng để kiểm tra hoặc điều chỉnh của các bề mặt phẳng và mặt trụ ở vị trí nằm ngang (**Hình 5**) là thiết bị nhất thiết phải cần lúc đặt máy. Độ sai lệch góc nhỏ nhất có thể xem được là 0,01 mm/m.

Thiết bị đo độ nghiêng điện tử đặc biệt phù hợp cho các phép đo chính xác của các độ nghiêng nhỏ. Nó có kiểu nằm ngang với mặt đo hoặc là kiểu góc nghiêng với mặt đo ngang và mặt đo thẳng đứng (Hình 5). Với thiết bị đo độ nghiêng điện tử này người ta có thể đo được sai lệch phẳng ở tấm kiểm tra và máy móc cũng như sai lệch từ độ song song và độ thẳng góc. Độ nghiêng nhỏ nhất là 0,001 mm/m và phạm vi đo lớn nhất là ± 5 mm/m.

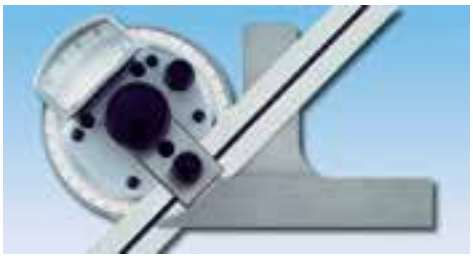


Hình 5: Thước đo độ phẳng và thiết bị đo độ nghiêng

■ Kiểm tra góc

Trong kiểm tra góc, vị trí của các cạnh hoặc bề mặt được kiểm tra.

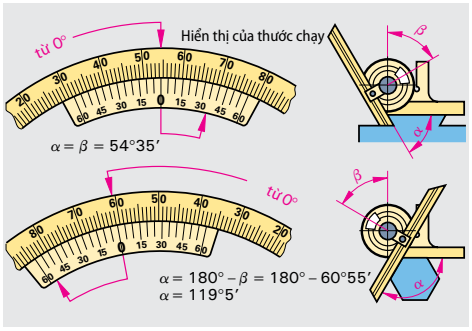
Thước đo góc đa năng có thang đo chính với bốn lần 90^0 và du xích (thước chạy, vecniê), thước này phân giải thêm 5 phút của góc (**Hình 1**). Trong khi đọc người ta đếm số độ của góc trước hết dựa trên thang đo chính từ 0^0 đến gạch không của thước chạy và sau đó đọc số phút ở thước chạy theo cùng hướng (**Hình 2**).



Hình 1: Thước đo góc vạn năng

> Góc đo được không phải lúc nào cũng tương ứng với góc được hiển thị ở thước đo góc đa năng với thước chạy, ở góc tù kết quả có được từ 180^0 trừ đi góc được hiển thị.

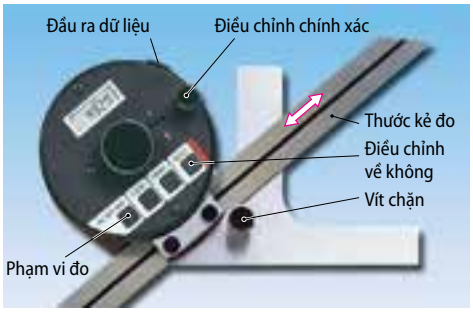
Thước đo góc đa năng kỹ thuật số làm việc với màn hình hiển thị số đọc dễ dàng hơn và chính xác hơn so với thước đo góc có du xích (**Hình 3**). Ta có thể chọn để hiển thị độ, phút hoặc độ thập phân. Trị số của bước tăng là 1 phút của độ cung hay $0{,}01^0$. Trong các phép đo so sánh độ lệch có thể được hiển thị bằng cách điều chỉnh về không ở bất kỳ vị trí góc nào.



Hình 2: Hiển thị góc

Quy tắc làm việc cho sự kiểm tra đo góc

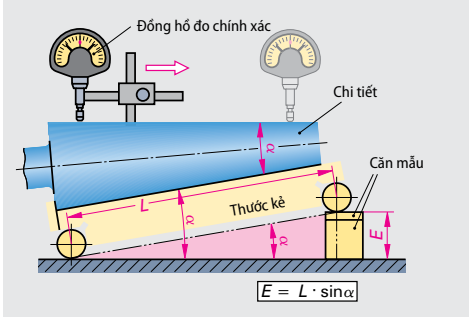
- Các cạnh đo phải vuông góc với các mặt phẳng kiểm tra.
- Giữa các mặt phẳng đo và mặt phẳng kiểm tra không còn khe hở ánh sáng có thể nhận ra được nữa.
- Nếu muốn kiểm tra góc ở nhiều nơi, người ta phải nhấc các thiết bị kiểm tra lên và để xuống chỗ mới, vì khi di chuyển trên bề mặt kiểm tra sẽ gây ra tình trạng ăn mòn.



Hình 3: Thước đo góc vạn năng với hiển thị số

■ Thiết bị đo góc điều chỉnh được

Thước sin (**Hình 4**) là thiết bị đo góc quan trọng nhất có thể điều chỉnh được. Với thiết bị này, bất kỳ góc nào giữa 0^0 và 60^0 đều có thể điều chỉnh hoặc kiểm tra được. Nó bao gồm một thước kẻ và hai trục lăn (Căn mẫu đo hình trụ) được nối chắc với thước kẻ. Khoảng cách của các con lăn là 100 mm hoặc 200 mm. Với thước sin vẫn còn có thể điều chỉnh được sự khác biệt góc từ 3″ đến 10″.



Hình 4: Thước sin

Thí dụ: $L = 100$ mm, $\alpha = 12^0 10' 3''$
Lời giải: $E = L.\sin\alpha = 100\text{ mm} \times 0{,}21077$
$E = 21{,}077$ mm
Kết hợp các căn mẫu:
1,007 mm + 1,07 mm + 9 mm + 10 mm

1.6.3 Kiểm tra độ đồng tâm, độ đồng trục và độ đảo

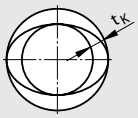
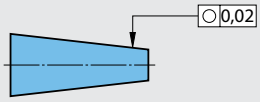
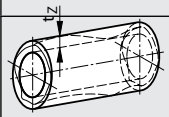
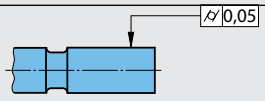
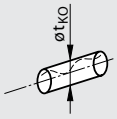
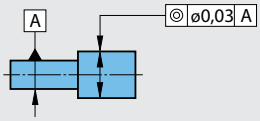
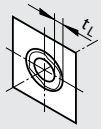
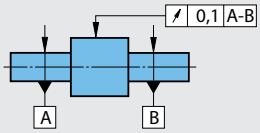
Vì số lượng lớn của trục truyền động bánh răng, ổ lăn và bạc lót, việc kiểm tra độ đồng tâm được áp dụng rất phổ biến trong sản xuất. Trong hoàn cảnh lệ thuộc vào dung sai, khả năng sử dụng một phương pháp kiểm tra phù hợp với chức năng vì thế đặc biệt quan trọng cho các cấu kiện này (**Bảng 1**).

Sai lệch độ tròn có thể xảy ra vì dao động máy hay bánh mài không tròn. Hình dày đều gây ra bởi các lực kẹp trong mâm cặp ba chấu (**Hình 1**).

Sai lệch độ trụ có thể được xem như là sự kết hợp của các sai lệch thẳng, tròn và song song.

Sai lệch độ đồng trục và **độ đảo hướng tâm** là sự sai biệt dựa vào trục chuẩn. Trục của chi tiết có dung sai được kiểm tra sẽ xoay quanh trục chuẩn này khi đo.

Bảng 1: Dung sai dạng tròn, dung sai chỗ và dung sai chạy

Ký hiệu và tính chất dung sai			Vùng dung sai	Thí dụ ứng dụng	
				Chỉ dẫn trong bản vẽ	Giải thích
Dung sai dạng tròn	○	Độ tròn (dạng vòng tròn)			Đường chu vi của mỗi một tiết diện phải nằm trong hình xuyến *(hình vành khăn)* với bề dày t_K = 0,02 mm
	⌭	Độ trụ (dạng trụ)			Bề mặt có dung sai phải nằm giữa hai xylanh đồng trục với bề dày t_Z = 0,05 mm
Dung sai chỗ	◎	Độ đồng trục Độ đồng tâm			Trục của phần có dung sai của trục khảo sát phải nằm trong xylanh có đường kính t_{KO} = 0,03 mm. Trục của xylanh này phải thẳng hàng với trục của chi tiết chuẩn
Dung sai chạy	↗	Độ đảo			Khi quay quanh trục chuẩn AB, độ đảo trong mỗi một mặt phẳng đo thẳng góc không được vượt quá t_L = 0,1 mm

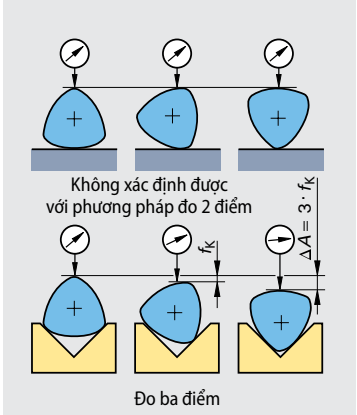
■ Kiểm tra độ tròn

Phép đo hai điểm, thí dụ như với panme hay đồng hồ đo thẳng góc với bề mặt đo, chỉ xác định được sai lệch độ tròn là sự khác biệt về đường kính. Vì ở phép đo hai điểm của hình dày đều kết quả luôn luôn giữ nguyên, người ta chỉ đo được độ lệch tròn bằng phép đo ba điểm với hai điểm tựa trong khối V (**Hình 1**). Độ lệch tròn có thể đo chính xác hơn bằng thiết bị đo hình dạng (**Hình 1, trang 55**).

Trong sai lệch dạng bầu dục (số cung n = 2) và tấm đo phẳng (góc $\alpha = 180^0$) thì sự khác biệt hiển thị giữa đường kính lớn và nhỏ bằng hai lần độ lệch tròn (**Bảng 1, trang 54**). Độ lệch tròn f_K như vậy bằng hiệu số giữa hiển thị tối đa và tối thiểu chia cho trị số hiệu chỉnh *k*.

Độ lệch tròn

$$f_K = \frac{A_{max} - A_{min}}{k}$$



Hình 1: Xác định độ lệch tròn của hình dày đều

Phép đo ba điểm với khối V và máy ghi trị số đo như đồng hồ đo chính xác, cho thấy một thay đổi hiển thị ΔA, phụ thuộc vào góc α của khối chữ V và số cung n của sai lệch độ tròn (**Bảng 1**). Số cung của hình dày đều có thể được xác định bằng cách đếm các trị số tối đa hay tối thiểu trong một vòng quay của phôi trong khối V.

Thí dụ: Ở một hình bầu dục được đo trong khối V với góc $\alpha = 90^0$, sự thay đổi hiển thị của sai lệch độ tròn tương ứng với trị số hiệu chỉnh $k = 1$.

Trong khối V như trên với số cung là 3 hoặc 5 của hình dày đều, sự thay đổi hiển thị đo lớn gấp hai lần sai lệch độ tròn. Điều này tương ứng với trị số hiệu chỉnh $k = 2$.

Vì thực tế không có hình dày đều lý tưởng, nên trong phép đo hai và ba điểm các sai lệch độ tròn lớn hơn trị số đo bằng thiết bị đo hình dạng.

■ Đo độ đảo

Ở một trường hợp đo độ đảo đơn giản, người ta có thể giữ chi tiết giữa 2 ụ chống tâm (**Hình 1**). Để đo một trục truyền động phù hợp với chức năng hơn, người ta đặt cổ trục trong rãnh của khối V.

Sai lệch độ đảo hình thành do lệch trục (không đồng trục) hay qua sai lệch độ tròn (**Hình 2**). Sai lệch độ đảo f_L là chênh lệch giữa số hiển thị lớn nhất A_{max} và nhỏ nhất A_{min} trong khi quay đủ một vòng.

Độ đảo $f_L = A_{max} - A_{min}$

■ Đo độ đồng tâm

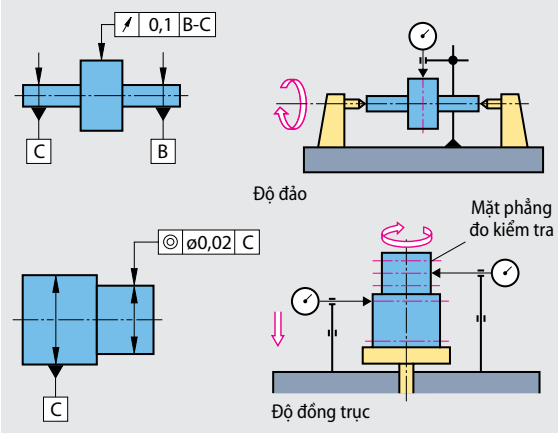
Sai lệch độ đồng trục có thể xảy ra trong trục quay hoặc trục đỡ của lỗ khoan. Phôi tiện với xylanh chuẩn của nó (C trong hình 1) được chỉnh thẳng hàng với trục của bàn quay. Để biết được sai lệch trục lớn nhất, người ta phải thực hiện đo sai lệch độ tròn ít nhất trong ba mặt phẳng. Các sai lệch độ đồng trục f_{KO} (sai lệch trục) được xác định từ số đọc lớn nhất và nhỏ nhất.

Sai lệch độ đồng tâm $f_{KO} = (A_{max} - A_{min})/2$

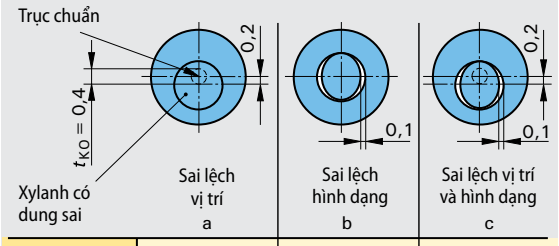
Vì dạng ống của vùng dung sai nên sai lệch tối đa cho phép của trục tương ứng với một nửa sai lệch độ đồng trục t_{KO}.

Bảng 1: Trị số hiệu chỉnh *k* để đo độ tròn

Góc α của khối V	*k* theo số cung n			Ghi chú
	2	3	5	
60^0	-	3	-	Hình bầu dục và hình dày đều với 5 cung không xác định được
90^0	1	2	2	Hình dày đều với số cung bằng 3 và 5 có thể xác định rõ
108^0	1,4	1,4	2,2	Trị số hiệu chỉnh *k* giống nhau với số cung $n = 2$ và 3
120^0	1,6	1	2	-
180^0	2	-	-	Đo 2 điểm



Hình 1: Dung sai và kiểm tra độ đảo và độ đồng trục



	a	b	c
Độ lệch tròn	$f_K = 0$	$f_K = 0,1$ mm	$f_K = 0,1$ mm
Độ lệch trục	$f_{KO} = 0,2$ mm	$f_{KO} = 0$	$f_{KO} = 0,2$ mm
Độ đảo	$f_L = 0,4$ mm	$f_L = 0,1$ mm	$f_L = 0,4$ mm

a: Khi sai lệch độ tròn không đáng kể thì sai lệch độ đảo f_L lớn gấp đôi đoạn lệch trục, có nghĩa là như sai lệch độ đồng trục f_{KO}.

c: Sai lệch độ đồng trục luôn luôn đi kèm theo một sai lệch độ tròn. Phần nhiều qua đó sai lệch độ đảo không lớn hơn.

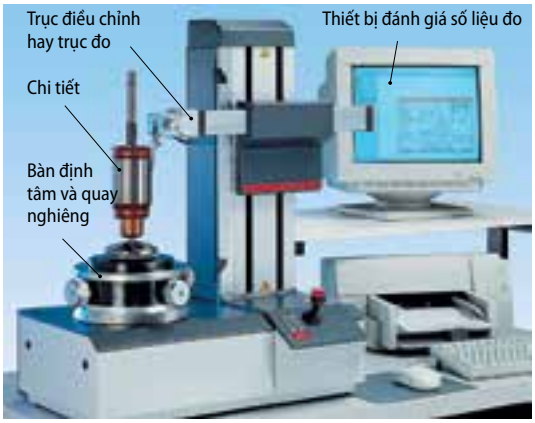
Hình 2: Những mối quan hệ giữa độ tròn, độ đảo và độ đồng trục

■ Kiểm tra hình dạng với thiết bị đo hình dạng

Hệ thống thăm dò cảm ứng từ và trước hết là độ quay chính xác của trục đo độ tròn (trục của bàn quay) cho phép xác định các đặc điểm của hình dạng và vị trí với độ bất định nhỏ hơn 0,1 µm (**Hình 1** và **Bảng 1**).

- Các đặc điểm hình dạng có thể đo là độ tròn, độ trụ, độ phẳng và độ côn.
- Các đặc điểm vị trí có thể đo là độ đảo, độ đồng trục và độ vuông góc.

Để đo chi tiết được lắp vào mâm cặp, việc chỉnh thẳng hàng xylanh có dung sai hoặc trục chuẩn (thẳng hàng với trục đo độ tròn) được thực hiện thông qua một bàn định tâm và quay nghiêng hoặc bằng động cơ hay bằng tay với vít điều chỉnh (Hình 1). Trước tiên bàn phải được chỉnh nghiêng và sau đó định tâm. Độ chính xác của phép đo được cải thiện đáng kể, nếu các xylanh khảo sát hoặc các trục chuẩn trước khi đo được điều chỉnh cẩn thận trong phạm vi micrômét (µm).



Hình 1: Thiết bị đo hình dạng

■ Đo độ tròn

Trong chuyển động tròn, đầu đo thăm dò đến 3600 điểm. Đồng thời dạng tròn hình thành trên màn hình.

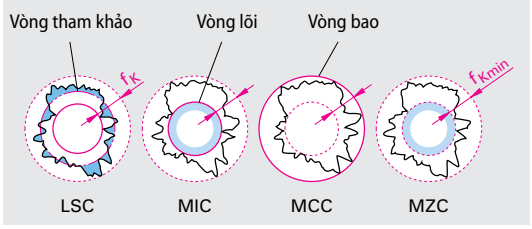
Phương pháp đánh giá: Để xác định độ lệch dạng tròn có thể lựa chọn nhiều cách đánh giá khác nhau (**Hình 2**). Cách đánh giá tiêu chuẩn là phương pháp vòng tròn tham khảo **LSC** (LSC = Least Square Circle). Vòng tham khảo có lưu ý tới tất cả các điểm prôfin đo được. Do đó, sự ảnh hưởng của các cực điểm prôfin thấp. Phương pháp LSC đánh giá độ tròn của các prôfin nhanh chóng và đáng tin cậy.

> Sai lệch độ tròn f_K là khoảng cách của hai vòng tròn đồng tâm bọc quanh prôfin (Bảng 1 và Hình 2). Từ nhiều prôfin máy tính đánh giá có thể tính độ trụ và độ đồng trục (Bảng 1).

Tất cả các phương pháp đánh giá khả thi từ máy tính như **LSC, MIC, MCC và MZC** cùng phát xuất từ một prôfin tròn (Hình 2). Trong khi máy tính ở phương pháp LSC tạo thành vòng tròn bao (vòng tròn lớn nhất) và vòng tròn lõi (vòng tròn nhỏ nhất) đồng tâm với vòng tròn tham khảo (vòng tròn thực) thì tại phương pháp MIC nó (máy tính) tạo ra vòng tròn lõi (vòng tròn nhỏ nhất) và tại phương pháp MCC vòng tròn đồng tâm với vòng tròn bao (vòng tròn lớn nhất). Tùy thuộc vào phương pháp đánh giá mà các độ lệch tròn và vị trí của tâm prôfin sẽ khác nhau trong phạm vi micrômét (µm).

Bảng 1: Đo đặc điểm của hình dạng và vị trí

○ Độ tròn	Hệ thống dò Xylanh có dung sai	f_K
⌭ Độ trụ	Xylanh có dung sai Mặt phẳng đo	f_Z
↗ Độ đảo	Xylanh có dung sai Trục chuẩn	f_L
◎ Độ đồng tâm	Trục chuẩn Xylanh có dung sai Trục chuẩn	f_{KO}



Hình 2: Các phương pháp đánh giá của kiểm tra độ tròn

■ Kiểm tra vận hành trên thiết bị đo hình dạng

Đo độ đảo

Ở xylanh chuẩn được chỉnh hướng có thể đo hai hoặc nhiều prôfin tròn để xác định các tâm điểm theo phương pháp đánh giá LSC. Một đường trung bình thông qua các tâm này làm thành trục chuẩn cho phép đo độ đảo ở xylanh có dung sai (**Hình 1** và **hình 2**). Khi đo chi tiết được xoay quanh trục chuẩn. Khi đo ở các mặt phẳng đo khác nhau, độ đảo lớn nhất $f_L = A_{max} - A_{min}$ sẽ được so sánh với trị số dung sai t_L.

Đầu đo phải thẳng góc với bề mặt khi đo độ đảo và độ phẳng.
Khi kiểm tra độ lệch vị trí, bộ phận chuẩn vì thế luôn luôn được điều chỉnh chứ không phải các bộ phận có dung sai trong phép đo hình dạng. Điều này phân biệt đo độ đảo với đo độ tròn.

Tương tự như độ đảo, **độ đảo tổng** được thực hiện ở trên nhiều mặt phẳng đo khác nhau hay là đầu đo di chuyển dọc trục trên toàn bộ chiều dài của xylanh có dung sai (**Hình 3**). Tổng số sai lệch độ đảo f_{LG} là sự khác biệt giữa hiển thị lớn nhất và nhỏ nhất trong khu vực của những xylanh.

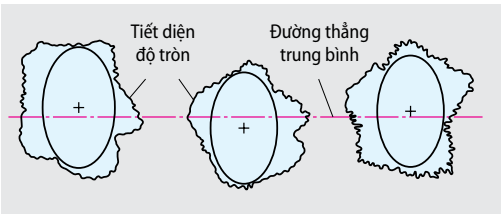
Đo **mặt đầu** chủ yếu thực hiện tại bán kính lớn nhất, vì ở đây dự kiến sẽ có sai lệch độ phẳng lớn nhất (Hình 3).

Để kiểm tra **sự đồng trục**, độ lệch trục được xử lý và đánh giá từ máy tính trong mỗi mặt cắt đo được tại xylanh có dung sai (**Hình 4** và bảng 1, trang 55).

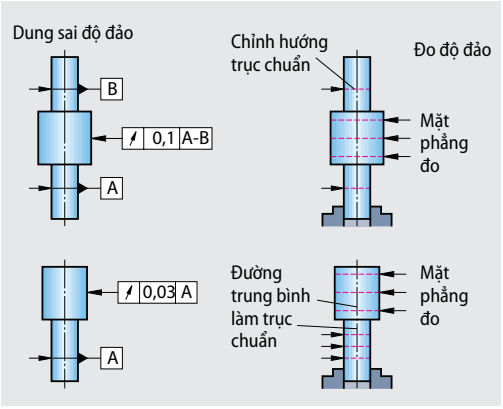
Các độ lệch trục f_{KO} không được lớn hơn phân nửa trị số dung sai t_{KO}.

Việc đo độ lệch trục mà không có thiết bị đo hình dạng chỉ có thể đạt được gần đúng. Do đó thông thường sai lệch độ đảo được đo một cách đơn giản hơn và so sánh với dung sai độ đồng trục. Chỉ khi nào sai lệch độ đảo vượt quá độ đồng trục người ta mới phải lựa chọn một phương pháp đo chính xác khác.

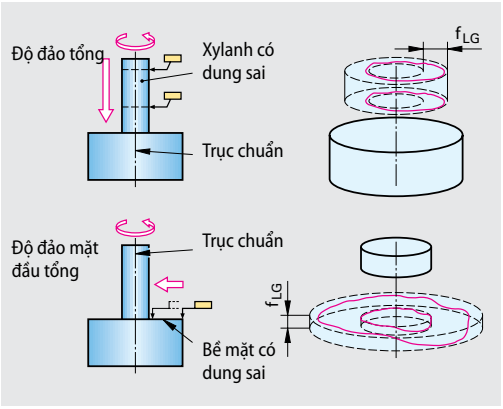
Nếu sai lệch độ tròn không lớn, thì sai lệch độ đồng trục f_{KO} bằng khoảng một nửa sai lệch độ đảo f_L.



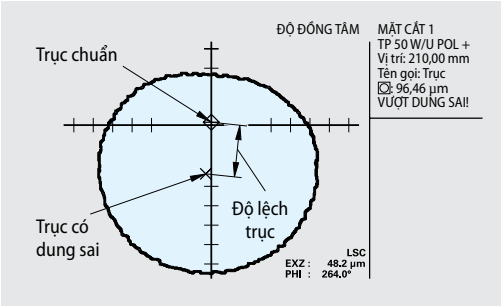
Hình 1: Đường thẳng trung bình qua 3 tâm điểm



Hình 2: Đo độ đảo



Hình 3: Độ đảo tổng và độ đảo mặt đầu tổng



Hình 4: Biên bản đo độ đồng trục

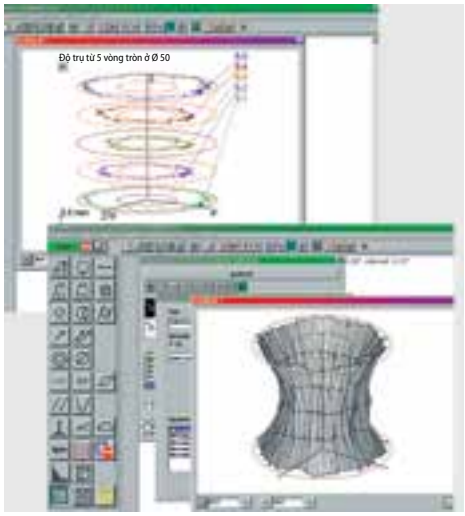
■ Đo độ trụ với thiết bị đo hình dạng

Trong việc kiểm tra dạng hình trụ với dụng cụ đo hình dạng người ta cũng có thể sử dụng các prôfin hình tròn được lưu trữ của chi tiết để phân tích dạng trụ. Thí dụ như từ các tâm điểm của năm prôfin dạng tròn, trục của hình trụ khảo sát được hình thành (**Hình 1** và **Bảng 1, trang 55**). Với trục này, máy tính sẽ xác định hai vỏ xylanh đồng trục bao gồm tất cả các prôfin với khác biệt bán kính tối thiểu.

Khác biệt về bán kính giữa hai vỏ xylanh là sai lệch độ trụ f_Z.

Nếu không có thiết bị đo hình dạng hoặc máy đo thì độ lệch trụ chẳng thể đo được chính xác một cách đầy đủ. Vì độ trụ được tổng hợp từ ba thành phần là độ lệch tròn, độ lệch thẳng và độ lệch song song của những đường vỏ ngoài nằm đối mặt nhau nên thường được đo thay thế bằng các thành phần có thể đo nhanh.

Thay vì độ trụ phần lớn người ta kiểm tra độ tròn và độ song song với đồng hồ đo chính xác thì cũng có được một kết quả kiểm tra tương đối chính xác. Những kiểm tra phức tạp cho độ trụ và đồng trục trước hết được thay thế bằng cách kiểm tra các thành phần của nó (**Bảng 1**). Chỉ khi việc "vượt quá dung sai" được xác định, các phương pháp đo chính xác hơn mới được lựa chọn.



Hình 1: Trình bày prôfin bằng đồ họa cho việc đo độ trụ

Bảng 1: Dung sai hình dạng và vị trí

Dung sai tổng hợp	Ký hiệu	Cách thay thế các thành phần có thể kiểm tra được
Độ phẳng	▱	—
Độ song song	//	—, ▱
Độ trụ	⌭	—, ○, //
Độ đồng trục	◎	↗, ⌰
Độ đảo tổng	⌰	—, ○, ↗
Độ đảo mặt đầu tổng	⌰	⊥, ↗, ▱

■ Những thí dụ đo

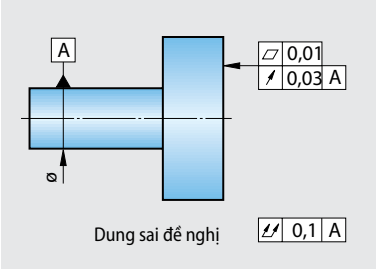
Kiểm tra một bề mặt phẳng (**Hình 2**)**:** Sự chấp nhận nào thay thế được dung sai độ phẳng và mặt đầu và làm đơn giản đi việc đo lường?

Lời giải: Với việc đo mặt đầu tổng, các mặt phẳng và độ phẳng của bề mặt đo được theo dõi rất dễ dàng.

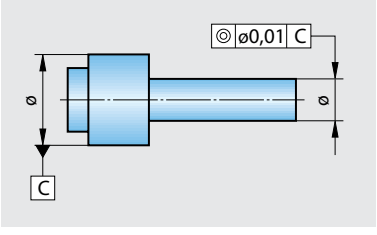
Kiểm tra độ đồng trục (**Hình 3**)**:** Chi tiết tiện được kẹp ở hai đầu để gia công cần được kiểm tra độ đồng trục. Hãy chọn một phương pháp kiểm tra đơn giản.

Lời giải 1: Đặt trục với đường kính lớn trong khối V. Xylanh có dung sai được dò với đồng hồ đo chính xác. Thay vì đo độ đồng trục, việc đo độ đảo đơn giản hơn và đủ chính xác được thực hiện. Độ lệch đồng trục tương ứng với một nửa độ đảo.

Lời giải 2: Giữ trục giữa các đầu chống tâm (nếu có thể) Đo độ đồng trục với đầu dò cảm ứng trên xylanh chuẩn và xylanh có dung sai. Kết nối các nút ấn trong phép đo sự khác biệt: +A-B (Bảng 1).



Hình 2: Dung sai cho phép của một mặt đầu



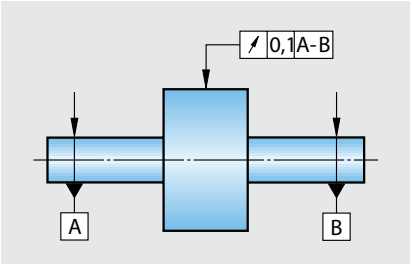
Hình 3: Chi tiết tiện

Thí dụ đo: Đo độ đảo (**Hình 1** và **Hình 2**)

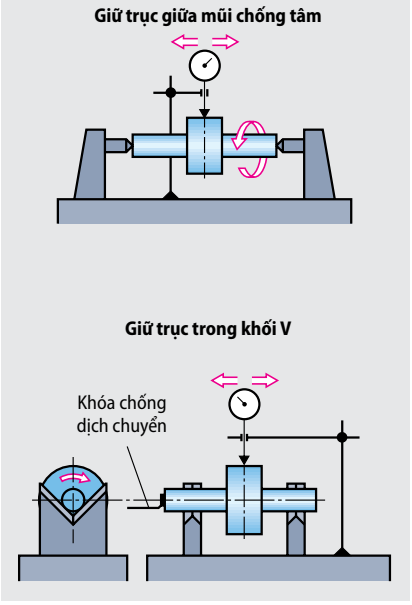
Độ đảo của một chi tiết có dung sai của một trục được kiểm tra so với trục chuẩn A-B. Hãy mô tả và đánh giá phương pháp kiểm tra khả thi trong phân xưởng.

Giải pháp A: Lắp ghép trục giữa các mũi chống tâm.
Sai lệch độ đảo f_L là sự khác biệt giữa trị số hiển thị tối đa và tối thiểu trong một vòng quay. Nếu sự kiểm tra được thực hiện với đồng hồ đo hay đồng hồ đo chính xác ở nhiều mặt phẳng đo,thì sai lệch độ đảo lớn nhất phải so sánh với trị số dung sai cho phép. Phương pháp đo này cũng được áp dụng trong máy công cụ.
Độ lệch khi đo sẽ xảy ra nếu các mũi chống tâm không thẳng hàng với nhau. Khi lắp ghép một trục giữa các mũi chống tâm thì trục chuẩn cho việc đo độ đảo thường trùng với trục quay trong quá trình sản xuất. Do đó trong phương pháp kiểm tra này, sai lệch độ đảo được thấy trước là nhỏ. Ngược lại ở một trục trong ổ lăn, trục chuẩn được hình thành qua các ổ lăn A và B, điều này lại cho ra một sai lệch độ đảo khác.

Giải pháp B: Giữ trục trong khối V với khóa an toàn chống lại di chuyển dọc trục.
Vì trong phương pháp kiểm tra này chuyển động quay được xác định tương tự như là trục truyền động trong ổ lăn thông qua các dạng hình trụ của chi tiết chuẩn A và B, cho nên kiểm tra này sẽ gần với chức năng hơn việc đo giữa hai mũi chống tâm.
Sai lệch đo có thể hình thành qua độ lệch tròn ở các chi tiết chuẩn A và B tùy thuộc vào góc của khối V (Bảng 1, trang 54).



Hình 1: Dung sai độ đảo



Hình 2: Những phương pháp đo độ đảo

1.6.4 Kiểm tra ren

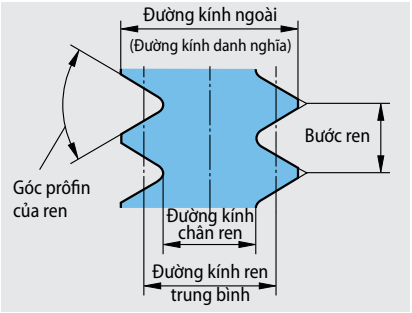
Đường kính ren trung bình (Đường kính nguyên bản), góc tiết diện và bước ren là những yếu tố quyết định chất lượng của ren (**Hình 3**).

> Độ lớn kiểm tra quan trọng nhất của ren là đường kính trung bình, vì nó chịu ảnh hưởng của tất cả các yếu tố quyết định.

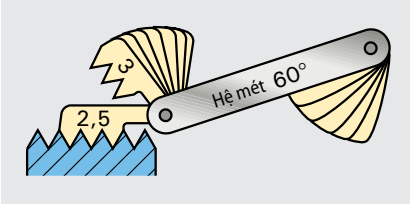
Vì lý do chi phí **việc đo ren** chỉ được sử dụng cho những ren chính xác như trục đo và vít dẫn tiến.

Đường kính ngoài của bulông có ren được đo bằng panme đo ngoài và đường kính lõi của đai ốc với panme đo ren trong. Có nhiều phương pháp thử khác nhau để **kiểm tra bước ren**.

- Với **dưỡng kiểm ren** (lập ren mẫu) qua khe sáng (**Hình 4**). Trong ren hệ mét với góc tiết diện 60^0 bước ren có thể được kiểm tra từ 0,25 mm đến 6 mm.
- Với **thiết bị đo tọa độ** có thể đo bước ren của trục đo cùng với ren của đai ốc một cách phù hợp với chức năng mà qua đó ảnh hưởng của các cạnh ren (hông ren) chịu lực cũng được xem xét.



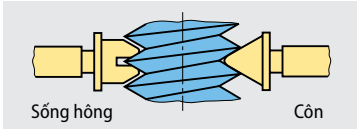
Hình 3: Những độ lớn xác định của ren



Hình 4: Dưỡng kiểm ren (Rập kiểm ren)

Cách đo đường kính ren trung bình với panme đo ren theo **phương pháp côn-sống hông** là cách dễ nhất (**Hình 1**).

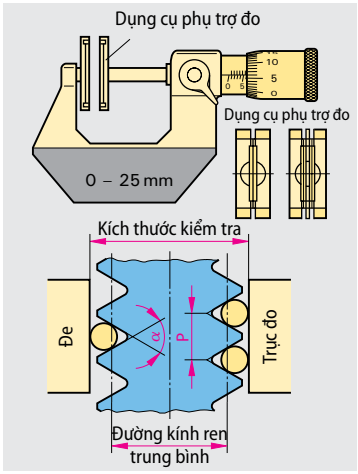
Với **phương pháp đo ba cọng dây** chính xác hơn, đường kính ren trung bình tương đương với kích thước kiểm tra được lấy từ các bảng (**Hình 2**).



Hình 1: Phương pháp côn-sống hông

Quy định làm việc cho cách đo ren với phụ tùng đo

- Trong việc lựa chọn các phụ tùng đo và que đo phải để ý đến bước ren và góc prôfin của ren.
- Dụng cụ phụ trợ đo và giá đỡ que phải xoay được dễ dàng để chúng có thể được điều chỉnh theo hướng bước ren.
- Sau khi thay thế phụ tùng đo (hình côn và sống hông), các panme phải được điều chỉnh lại với mẫu đo.



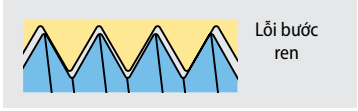
Hình 2: Phương pháp 3 que

Việc **kiểm tra ren bằng quang học** dựa trên thăm dò quang học của bóng phóng đại của ren trên máy chiếu hình tiết diện ren (**Hình 3**). Với phương pháp này có thể đo chính xác tất cả các sai lệch kích thước và góc của ren.

Với việc chỉnh nét tốt bóng của các cạnh, độ bất định là 2 µm ở độ dài 100 mm.

Hình 3: Đo ren bằng phương pháp quang học

Dưỡng đo ren chỉ kiểm tra khả năng vặn ra của ren, bởi vì các số liệu kiểm tra của ren "mẫu" thường không đúng với kích thước (**Hình 4**).



Hình 4: Lỗi bước ren

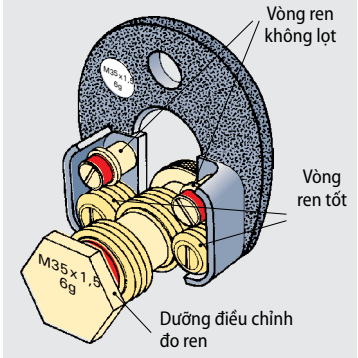
Ở **dưỡng đo ren trong** người ta phân biệt đầu tốt và đầu không lọt cũng như dưỡng ren giới hạn (**Hình 5**).

Dưỡng vòng hay dưỡng hàm giới hạn được sử dụng như **dưỡng đo ren ngoài** (**Hình 6** và **Hình 7**).

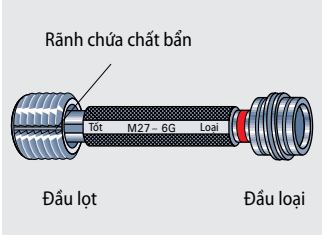
Đối với **calíp hàm giới hạn đo ren ngoài** cặp con lăn răng được sử dụng để giảm bớt hao mòn phía đầu tốt. Các "con lăn răng tốt" có đầy đủ prôfin ren, vòng không lọt ở phía sau chỉ có một mối ren để kiểm tra đường kính trung bình.

Ren phải và trái có thể được kiểm tra trong cùng một cách với vòng không có bước ren. Một lợi thế nữa là người ta có thể điều chỉnh được các vòng theo cấp dung sai mong muốn qua vòng lệch tâm.

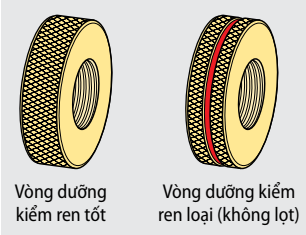
Dưỡng ren không lọt chỉ kiểm tra đường kính trung bình và cao lắm là được phép chạm ren vào nhau.
Dưỡng không lọt chỉ có một vài mối ren và được đánh dấu bằng màu đỏ.



Hình 7: Calíp hàm giới hạn kiểm tra ren



Hình 5: Dưỡng hàm giới hạn kiểm tra ren

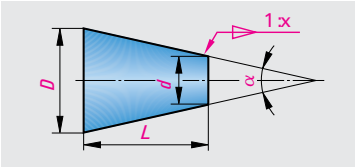


Hình 6: Dưỡng vòng kiểm tra ren

1.6.5 Kiểm tra độ côn

Hình côn trong và ngoài khi lắp ghép phải "đỡ" lẫn nhau, nghĩa là các bề mặt ngoài của hai hình côn phải tiếp xúc toàn bộ. Hầu hết các **số liệu kiểm tra** có thể bắt nguồn từ yêu cầu này (**Hình 1**).

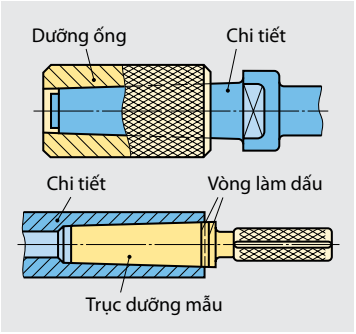
- đường kính D và d
- độ côn C = 1: x
- chiều dài côn L
- sai lệch hình dạng và độ nhám của bề mặt
- góc côn α



Hình 1: Kích thước hình côn

Côn mẫu (Dưỡng côn)

Với **dưỡng ống hình côn** người ta kiểm tra thí dụ như các chuôi hình côn của dao phay, với **dưỡng đo trong hình côn** người ta kiểm tra hình côn bên trong của chi tiết (**Hình 2**). Trước khi kiểm tra bằng calip đo trong hình côn cũng như với dưỡng ống hình côn ta gạch một đường phấn mỏng trên lõi hình côn hoặc chi tiết hình côn theo hướng trục và sau đó xoay phôi và mẫu ngược với nhau. Đường phấn mỏng phải bị xóa mờ đều. Tại những nơi nào không bị mờ, hình côn không tiếp xúc. Hai vòng đánh dấu trên mẫu ống côn được sử dụng như một đường kính chuẩn. Nếu đường kính của hình côn bên trong còn nằm trong dung sai, thì đường kính lớn phải nằm giữa hai vòng đánh dấu.



Hình 2: Trục dưỡng và dưỡng ống côn

Đo hình côn

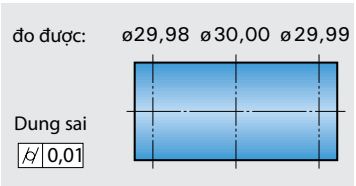
Việc đo độ lệch kích thước và hình dạng của hình côn, có thể đơn giản nhất với **các thiết bị đo bằng khí nén**.

Thiết bị đo độ côn được trang bị đồng hồ đo chính xác hoặc đầu đo cảm ứng và đo hoặc là góc hình côn hay hai đường kính kiểm tra trong khoảng cách quy định (**Hình 3**).

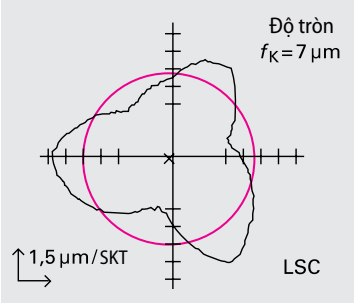
Hình 3: Đo độ côn

Ôn tập và đào sâu

1. Sai lệch độ đảo nào phải được so sánh với dung sai, nếu độ đồng tâm được đo trong nhiều mặt phẳng?
2. Sự khác biệt của phép đo độ tròn với độ đảo ở đâu?
3. Tại sao việc điều chỉnh cẩn thận các trục chuẩn trước khi đo độ lệch tâm là quan trọng?
4. Một hình trụ khi mài đã tạo ra một độ lồi (độ phình) nhỏ (**Hình 4**). Dạng hình trụ dựa vào đường kính đo được có còn nằm trong độ dung sai 0,01 mm không?
5. Bằng phương pháp đo lường nào, độ đồng tâm của một trục truyền động được kiểm tra một cách phù hợp với chức năng khi vận hành?
6. Ống lót đã tiện được đo trên dụng cụ đo hình dạng với sai lệch độ tròn 7 µm (**Hình 5**).
   a) Qua đâu mà sai lệch có thể xảy ra?
   b) Sự thay đổi nào của số hiển thị được chờ đợi ở sai lệch độ tròn 7 µm theo phép đo ba điểm với khối V-90⁰ (Trang 54)?
7. Quy tắc làm việc nào phải lưu ý khi đo ren với phương pháp ba que?
8. Làm thế nào để có thể nhìn thấy sự ăn khớp của một phôi gia công hình côn với côn mẫu?



Hình 4: Xylanh

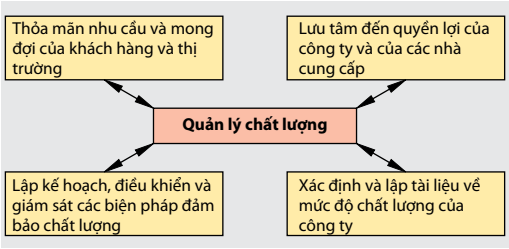


Hình 5: Độ tròn của ống lót

2 Quản lý chất lượng

Nếu một công ty muốn thành công và tồn tại trên thị trường thì sản phẩm, dịch vụ, giao hàng và tư vấn khách hàng của công ty phải có chất lượng cao và đáng tin cậy. Bên cạnh chất lượng của sản phẩm thì chất lượng của chu trình làm việc cũng rất quan trọng để giảm chi phí sản xuất và chi phí sửa lỗi sai hỏng trong sản xuất. Mục tiêu của một hệ thống quản lý chất lượng (QLCL) là để đạt được những điều này. Ngoài ra hệ thống QLCL cũng quy định mục tiêu, cách tổ chức, phương tiện làm việc và trách nhiệm trong một công ty (**Hình 1**). Nếu một hệ thống QLCL được một cơ quan kiểm định độc lập chứng nhận là đã đáp ứng được những tiêu chuẩn quốc tế đồng nhất trên thế giới thì hệ thống QLCL này được gọi là một hệ thống QLCL được công nhận (trang 62). Giấy chứng nhận là một bằng cớ tạo lòng tin cho khách hàng và nhân viên vào khả năng làm việc có chất lượng của công ty.

Hệ thống QLCL bao gồm tất cả các hoạt động để xác định và thực hiện những mục tiêu chất lượng và trách nhiệm của một công ty.



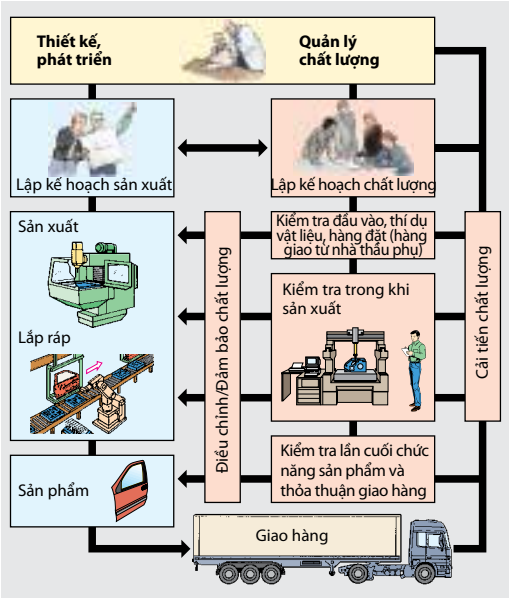
Hình 1: Những phạm vi quản lý chất lượng

2.1 Phạm vi hoạt động của quản lý chất lượng

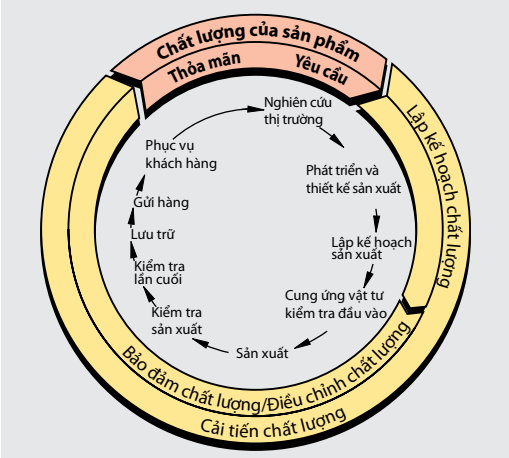
- **Lập kế hoạch quản lý chất lượng** bao gồm tất cả các công việc/nhiệm vụ chuẩn bị lên kế hoạch quản lý chất lượng trước khi đi vào sản xuất. Mục tiêu và yêu cầu dựa trên cơ sở chất lượng phải được xác định, diễn tiến của quy trình cần thiết để đạt được mục tiêu này phải được lên kế hoạch cũng như phương tiện vật chất và tài chính cốt yếu để thực hiện phải được chuẩn bị sẵn. (**Hình 2**)
- **Điều chỉnh chất lượng** đi kèm với quy trình sản xuất. Nó bao gồm những hoạt động giám sát trọn bộ quy trình sản xuất và xóa bỏ các nguyên nhân gây ra lỗi sai hỏng.
- **Đảm bảo chất lượng** có mục đích tạo bằng chứng và sự tin tưởng là công ty đáp ứng được các yêu cầu về chất lượng trong toàn bộ quy trình phát triển và sản xuất.
- **Cải tiến chất lượng** bao gồm các hoạt động với mục tiêu luôn luôn cải tiến để nâng cao sự hài lòng của khách hàng.

Vòng tròn chất lượng (**Hình 3**) hiển thị sự ăn khớp với nhau của các hoạt động cần làm để thỏa mãn yêu cầu về chất lượng cho sản phẩm.

Để thực hiện được những mục tiêu về chất lượng, tất cả nhân viên đều chịu trách nhiệm trong phạm vi làm việc của mình.



Hình 2: Lập kế hoạch, điều chỉnh và đảm bảo chất lượng trong quy trình hình thành một sản phẩm



Hình 3: Vòng tròn chất lượng với những hoạt động ăn khớp với nhau để đạt được chất lượng cho sản phẩm

2.2 Bộ tiêu chuẩn DIN EN ISO 9000

Nhóm tiêu chuẩn ISO-9000 được khai triển để hỗ trợ các công ty xây dựng, duy trì và cải tiến không ngừng hệ thống QLCL. Ngoài ra bộ tiêu chuẩn này tạo cơ sở cho sự đánh giá một hệ thống QLCL qua một cơ quan kiểm định chất lượng (**Hình 1**).
Tiêu chuẩn **DIN EN ISO 9000** mô tả những nền tảng quan trọng cho chất lượng và những cơ sở tiếp theo cho một hệ thống quản lý chất lượng. Nó ấn định những thuật ngữ dùng trong một hệ thống QLCL (**Hình 2**).
Tiêu chuẩn **DIN EN ISO 9001** quy định những đòi hỏi trong phạm vi rộng cho một hệ thống quản lý chất lượng. Như thế tiêu chuẩn DIN EN ISO 9001 là một tiêu chuẩn định nghĩa những bằng chứng mà một hệ thống QLCL phải có.

> Những yêu cầu của tiêu chuẩn DIN EN ISO 9001 có thể được sử dụng trong nội bộ một công ty, cho việc soạn thảo hợp đồng hay đánh giá một hệ thống QLCL.

DIN EN ISO 9004 đóng vai trò chỉ đạo cho việc xem xét hiệu quả, kinh tế và năng suất toàn bộ của một hệ thống QLCL. Nó cũng đề nghị những biện pháp cải tổ công ty và gia tăng sự hài lòng của khách hàng.
ISO 19011 được dùng để hướng dẫn cách đánh giá (trang 79) một hệ thống quản lý chất lượng và hệ thống quản lý môi trường của một công ty. Tiêu chuẩn này được coi như là một thành phần trong nhóm chuẩn ISO-9000.

2.3 Yêu cầu về chất lượng

Chất lượng của một sản phẩm phải phù hợp với yêu cầu của khách hàng. Trong đó có cả những mong đợi không nói ra, thí dụ như thiết kế của một cái máy.

> Chất lượng là đặc điểm cấu tạo đạt được của một sản phẩm liên quan đến những yêu cầu về chất lượng đã được ấn định hay có thể xem như được quy định trước.

Đòi hỏi được quy định hay xem như phải có của khách hàng:

- Đáng tin cậy, khả năng vận hành, khả năng bảo trì được
- Chú ý đến luật pháp và quy định bảo vệ an toàn, sức khỏe và môi trường
- Tư vấn, chăm lo và phục vụ khách hàng
- Thời hạn giao hàng ngắn và giao hàng đúng hẹn

Hình 1: Những tiêu chuẩn quản lý chất lượng (nhóm ISO-9000)

Hướng về khách hàng
Phải hiểu những nhu cầu, đáp ứng những đòi hỏi và cố gắng vượt cao hơn sự mong đợi của khách hàng.
Lãnh đạo
Ban lãnh đạo tạo lập và bảo đảm một môi trường làm việc trong công ty để mọi người có thể dễ dàng đạt được những mục tiêu chất lượng đã được đặt ra.
Tính đến mọi người
Việc tính đến toàn bộ nhân viên vào trong quản lý tạo cho họ cơ hội sử dụng khả năng của mình một cách tốt nhất cho lợi ích của công ty.
Công việc theo quy trình
Nếu công ty điều khiển mọi hoạt động và phương tiện áp dụng dựa vào một quy trình thì công ty có thể đạt được mục tiêu một cách hiệu quả hơn.
Phương pháp quản lý dựa vào hệ thống
Có thể đạt được mục đích tốt hơn nếu nhận biết và chỉ đạo những tương quan liên hệ giữa các quy trình với nhau như một hệ thống tổng thể.
Luôn luôn cải tiến
Công ty phải luôn luôn coi sự cải tiến thành quả toàn bộ của công ty là một mục tiêu lâu dài.
Đưa ra quyết định khách quan
Quyết định có hiệu quả dựa trên sự phân tích dữ kiện và thông tin một cách khách quan.
Quan hệ với các nhà cung cấp
Một quan hệ tốt giữa khách hàng (công ty) và các nhà cung cấp (công ty cung cấp) thì có lợi cho cả đôi bên.

Hình 2: Những nguyên tắc quản lý chất lượng

2.4 Đặc tính (đặc trưng) chất lượng và lỗi sai hỏng

■ Các loại đặc tính chất lượng (Bảng 1)

Đặc trưng định lượng (thay đổi) là những đặc tính đo được hay đếm được. Số đo của một đặc trưng định lượng có thể là bất cứ một con số nào. Thông số của một đặc trưng đếm được gọi là số đếm.

Đặc trưng định tính còn gọi là 'đặc trưng thuộc tính'. Thí dụ như kết quả của một cuộc thử nghiệm là 'tốt' hay 'không tốt' hay như bảng tổng hợp lỗi sai hỏng (trang 64). Trị số của một đặc trưng thứ tự còn được gọi là 'điểm', thí dụ như điểm rất tốt, tốt, hay xấu. Bậc dung sai như 2, 1, 0 và K của căn mẫu đo cũng là thí dụ cho một đặc trưng thứ tự.

Lỗi xuất hiện khi một hay nhiều đòi hỏi về chất lượng không được đáp ứng. Đó có thể là trị số đo nằm ngoài dung sai hay khi một chức năng không đạt yêu cầu.

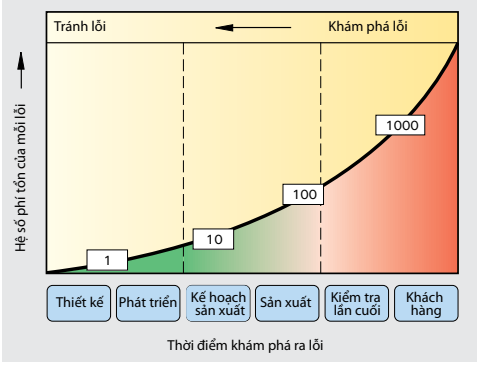
Theo **định luật tăng gấp 10 lần** thì nếu khám phá ra lỗi sai hỏng chậm hơn một bậc thì phí tổn gây ra tăng gấp 10 lần (**Hình 1**). Nếu chi phí sửa lỗi sai hỏng ở giai đoạn phát triển là từ khoảng một cent đến vài euro thì khi đến giai đoạn thử nghiệm lần cuối hay khi sản phẩm đến tay khách hàng phí tổn này tăng lên cả ngàn lần. Một thí dụ cho một lỗi sai hỏng trầm trọng là khi một công ty sản xuất xe hơi bán sản phẩm ra thị trường rồi mới khám phá ra là xe có một lỗi sai hỏng liên hệ đến sự an toàn khiến cho công ty phải thu hồi xe về hãng để sửa chữa.

Theo **chiến lược triệt tiêu lỗi** *(chiến lược khử sạch lỗi, chiến lược diệt lỗi xuống số không)* thì trong mỗi bước sản xuất ta phải tránh lỗi để đến bước cuối cùng của sản xuất sản phẩm trở nên hoàn hảo. Nếu một dây chuyền sản xuất có 100 nhân viên và mỗi nhân viên chỉ làm hoàn hảo không có lỗi được 99% thì khi đến người nhân viên cuối cùng chỉ còn có 37% sản phẩm là không có lỗi (**Hình 2**). Vì việc sửa chữa lỗi, vất bỏ các phôi gia công sai hỏng hay bồi thường cho khách hàng là rất tốn kém nên mỗi nhân viên phải coi trọng khẩu hiệu: **'Làm đúng ngay lần đầu'**.

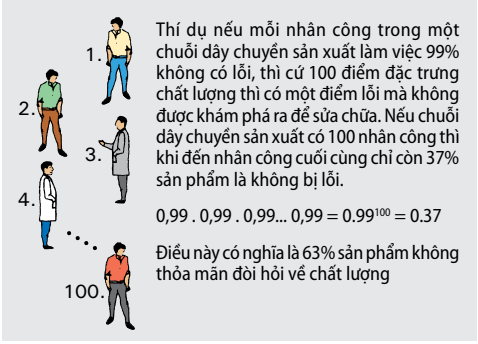
Chất lượng sản phẩm là do chất lượng của công việc tạo ra. Tránh lỗi thì có lợi hơn là sửa lỗi.

Bảng 1: Các loại đặc tính chất lượng

Đặc trưng định lượng		Đặc trưng định tính	
Đặc tính đo được	Đặc tính đếm được	Đặc tính thuộc tính	Đặc tính thứ tự
Thí dụ như chiều dài, đường kính, độ phẳng, chiều cao nhấp nhô (độ nhám)	Thí dụ như số vòng quay, số chi tiết sản xuất mỗi giờ	Thí dụ như sự sai hỏng của mỗi máy đo, chức năng 'tốt' hay 'không tốt'	Thí dụ nước sơn thuộc chất lượng loại 1, 2 hay 3



Hình 1: Quy tắc tăng 10 lần của phí tổn sửa lỗi sai hỏng



Thí dụ nếu mỗi nhân công trong một chuỗi dây chuyền sản xuất làm việc 99% không có lỗi, thì cứ 100 điểm đặc trưng chất lượng thì có một điểm lỗi mà không được khám phá ra để sửa chữa. Nếu chuỗi dây chuyền sản xuất có 100 nhân công thì khi đến nhân công cuối cùng chỉ còn 37% sản phẩm là không bị lỗi.

$0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,99 \ldots 0,99 = 0.99^{100} = 0.37$

Điều này có nghĩa là 63% sản phẩm không thỏa mãn đòi hỏi về chất lượng

Hình 2: Sự gia tăng lỗi sai hỏng qua việc chuyển tiếp các chi tiết bị lỗi trong một dây chuyền sản xuất

Phân loại **lỗi sai hỏng của sản phẩm** theo ý nghĩa của nó về mặt an toàn và tính hiệu dụng *(khả năng có thể sử dụng được)*.

Lỗi sai hỏng nguy cấp ***(Lỗi sai hỏng tới hạn)***	Lỗi có thể gây ra nguy hiểm cho người sử dụng, gây ra một tình trạng không an toàn, hay gây ra phí tổn bồi thường cao nếu xảy ra. Thí dụ như thắng xe bị hư hay tay lái xe hơi bị mòn rỉ.
Lỗi sai hỏng chính	Lỗi có thể làm sản phẩm không dùng được (tai nạn) hay giảm tính khả dụng cho mục tiêu đã định. Thí dụ như gạt nước kính xe hơi bị hỏng.
Lỗi sai hỏng phụ	Lỗi sai hỏng không có ảnh hưởng lớn đến chức năng đã định. Thí dụ như nước sơn xe không được hoàn hảo hay động cơ vặn cửa sổ xe không được trơn tru.

2.5 Công cụ quản lý chất lượng

Nếu muốn đáp ứng những yêu cầu về chất lượng cũng như bắt đầu giám sát và cải tiến chất lượng thì giải quyết vấn đề và sửa chữa những lỗi sai hỏng xảy ra chưa đủ, ta phải nhận biết và diệt nguyên nhân gây ra vấn đề hay lỗi sai hỏng.

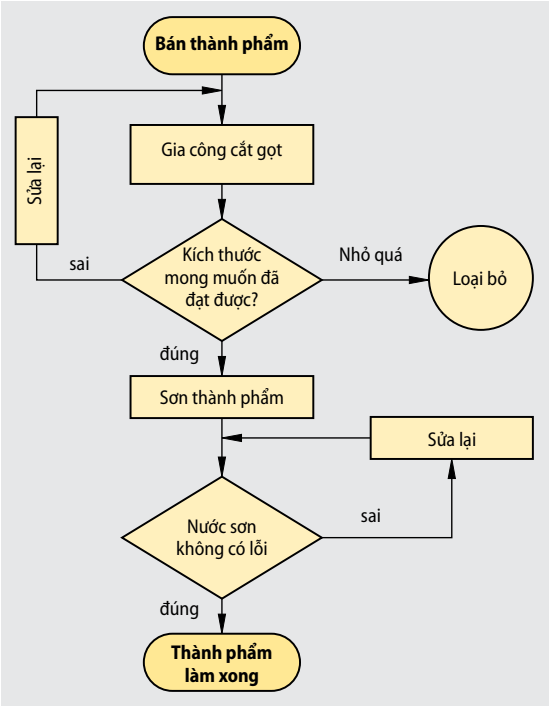
Trong phạm vi quản lý chất lượng người ta áp dụng nhiều phương pháp gọi là **công cụ chất lượng** để phân tích bằng đồ họa hoặc dẫn chứng bằng tài liệu.

Những phương pháp dùng đồ họa thích hợp cho công nhân vì chúng đơn giản và dễ dùng. Đồng thời mọi người đều được tham dự cải tiến quy trình.

■ **Lưu đồ** là một biểu đồ mô tả thứ tự của các hành động liên hệ với nhau hay là những bước tiến của một quy trình (**Hình 1**). Từ khởi điểm, mỗi bước hành động được biểu tượng bằng một hình chữ nhật và mỗi bước rẽ được vẽ bằng một hình thoi. Người ta dùng mũi tên để diễn tả những bước đi của quy trình. Dùng lưu đồ ta có thể mô tả một quy trình phức tạp một cách rõ ràng và dễ hiểu hơn là dùng chữ. Những bước hành động và khả năng hành động trở nên rõ ràng. Ta cũng dễ kiểm soát sự đầy đủ của biểu đồ hoặc sự suy nghĩ sai của ta.

■ **Phiếu tổng hợp các lỗi** là một phương pháp kiểm kê lỗi bằng cách phân loại lỗi và đếm số lỗi trong mỗi loại (**Hình 2**). Trước tiên ta làm một bảng liệt kê những loại lỗi có thể xảy ra. Sau đó ta đếm lỗi bằng cách ghi mỗi lỗi bằng một gạch. Để phòng hờ cho trường hợp có lỗi mới chưa nghĩ đến xảy ra ta thêm vào bảng một hai dòng trống. Dùng bảng thu thập lỗi sai hỏng ta có thể thu thập và làm thống kê một cách hiệu quả cho những quy trình chỉ có một ít loại lỗi. Nó thường được dùng là căn bản cho phương pháp phân tích Pareto.

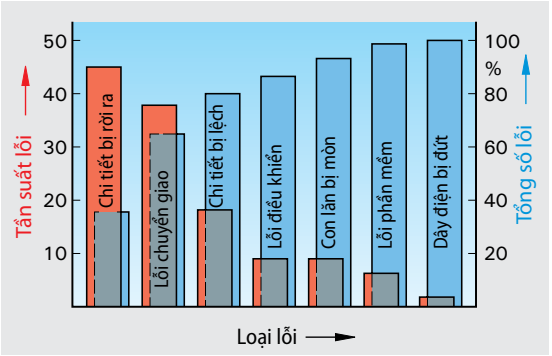
■ Phương pháp **phân tích Pareto**, còn gọi là **phân tích ABC** chia loại lỗi sai hỏng hay nguyên nhân lỗi sai hỏng theo tần suất của chúng (**Hình 3**). Phân tích Pareto chứng minh rằng khi có nhiều loại lỗi xảy ra thì thường chỉ có một vài loại lỗi chính đặc biệt xuất hiện nhiều. Điều này có nghĩa là chỉ cần tập trung khắc phục một số ít vấn đề hay lỗi quan trọng là có thể cải tiến được rất nhiều. Biểu đồ Pareto cũng có ích khi phải chọn lời giải cho một vấn đề hay lựa chọn lỗi sai hỏng nào phải giải quyết trước nhất. Phương pháp này cũng giúp ta tiên đoán được kết quả của sự cải tiến khi giải quyết được một vấn đề.



Hình 1: Lưu đồ tiến trình sản xuất một cấu kiện

Loại lỗi	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12	Σ
Chi tiết bị lệch	𝍸 |||	|||	𝍸 ||	18
Lỗi chuyển giao	𝍸 𝍸 |	𝍸 𝍸 ||	𝍸 𝍸 𝍸	38
Lỗi điều khiển	|||	||||	||	9
Lỗi chương trình	|	||	|||	6
Chi tiết bị rời ra	𝍸 𝍸 𝍸 |	𝍸 𝍸 𝍸 ||	𝍸 𝍸 ||	45
Con lăn bị mòn	|||	||||	||	9
Dây điện bị đứt		|		1
Tổng cộng	42	43	41	126

Hình 2: Bảng thu thập lỗi sai hỏng (Phiếu tổng hợp các lỗi) của một thiết bị cung cấp phôi gia công



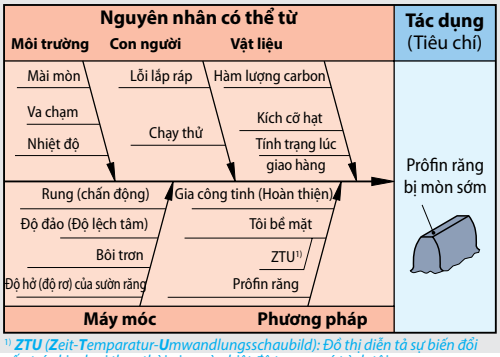
Hình 3: Áp dụng phân tích Pareto cho số lượng lỗi sai hỏng của một thiết bị cung cấp cấu kiện

■ **Biểu đồ nguyên nhân - hậu quả** còn được gọi là **biểu đồ Ishikawa** hay **biểu đồ xương cá** vì hình dạng nó trông giống xương cá (**Hình 1**). Biểu đồ này mô tả một cách có cấu trúc sự liên hệ giữa hậu quả và nguyên nhân mà ta đang tìm kiếm. Khi vẽ biểu đồ này thì trước tiên ta thực hiện một quá trình động não (động não để tìm ý tưởng trong một nhóm làm việc) với mục đích thu thập tất cả các nguyên nhân chính có thể gây ra lỗi sai hỏng, thí dụ như con người, máy móc, vật liệu, phương pháp, tài chính, tiếp thị, động cơ, môi trường. Những nguyên nhân chính này được vẽ vào biểu đồ như những nhánh chính. Trong mỗi nhánh chính lại có một số nguyên nhân đặc thù. Nguyên nhân đặc thù được vẽ vào biểu đồ như nhánh phụ.

■ **Biểu đồ cây** dùng để sắp xếp những cái nhìn đại cương về tất cả các phương tiện, chức năng hay công việc quan trọng mà ta phải tuần tự cung cấp hay thực hiện (**Hình 2**). Nó thể hiện sự phụ thuộc và tập hợp thành nhóm của những yếu tố riêng lẻ, khởi đầu từ thân cây, qua những nhánh chính rồi đến những nhánh phụ, mỗi lần chia nhánh lại thêm phần chính xác hơn. Biểu đồ cây được dùng để phân tích những hoạt động và chức năng phụ thuộc vào nhau hoặc chỉ xảy ra theo một trình tự nhất định nào đó. Khi áp dụng để phân tích lỗi sai hỏng, biểu đồ cây rất có hiệu quả để tìm nguyên nhân hay lời giải cho một vấn đề bằng cách phân tích những bước tuần tự nối theo nhau một cách có hệ thống.

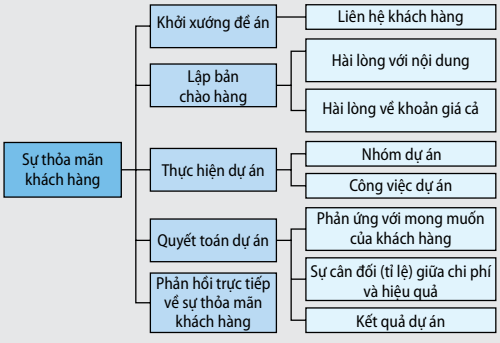
■ **Biểu đồ tương quan** (**biểu đồ phân tán**) được dùng để tìm xem có một sự liên hệ nào giữa hai số lượng hay không bằng cách đưa những cặp trị số (X,Y) vào biểu đồ (**Hình 3**). Sau đó người ta thử vẽ một đường thẳng qua các điểm để xem các điểm có nằm trên đường thẳng đó không. Nếu không vẽ được một đường thẳng qua các điểm thì giữa X và Y không có sự tương quan nào. Nếu vẽ được một đường thẳng và nếu các điểm càng nằm gần đường thẳng bao nhiêu thì sự liên hệ giữa X và Y càng rõ ràng và mạnh bấy nhiêu. Tùy theo độ dốc của đường thẳng mà người ta phân biệt giữa tính tương quan dương hay tính tương quan âm.

■ **Biểu đồ ma trận** được dùng để mô tả và đánh giá sự tương tác và mối quan hệ với nhau giữa ít nhất là hai phạm vi đề tài (**Hình 4**). Mỗi phạm vi bao gồm một số đặc tính. Thí dụ trong phạm vi 'yêu cầu của khách hàng' người ta có thể suy ra là khách hàng cần đặc tính 'tạo hình sản phẩm'. Biểu đồ ma trận rất có ích cho việc tìm quyết định. Nếu cần thiết thì người ta có thể dùng một hệ số để mô tả sự tương tác giữa hai đặc tính. Thí dụ như trong **Hình 4** thì giá cả (dòng thứ nhất) quan trọng hơn chiều dài của cần trục (= 2) nhưng kém quan trọng hơn sự an toàn (= 0). Khi nhìn vào cột tổng số thì người ta nhận thấy ngay rằng sự an toàn là tiêu chuẩn quan trọng nhất trong quyết định nên chọn mua máy nào.

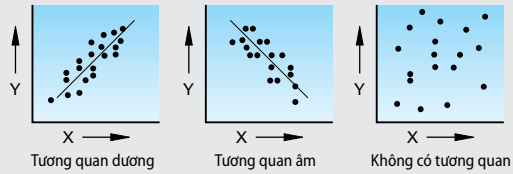


1) **ZTU** (**Z**eit-**T**emparatur-**U**mwandlungsschaubild): Đồ thị diễn tả sự biến đổi cấu trúc kim loại theo thời gian và nhiệt độ trong quá trình tôi.

Hình 1: Biểu đồ nguyên nhân-hiệu quả cho việc bị mòn sớm của prôfin răng (không đầy đủ)



Hình 2: Biểu đồ cây về sự thỏa mãn của khách hàng



Hình 3: Thí dụ biểu đồ tính liên hệ

Tiêu chuẩn	Giá cả	Chiều dài cần trục	Sự an toàn	Công suất động cơ	Lực nâng tối đa	Xử lý	Màu sắc	Tổng số
Giá cả	■	2	0	2	0	2	2	8
Chiều dài cần trục	0	■	0	2	0	2	2	6
Sự an toàn	2	2	■	2	2	2	2	12
Công suất động cơ	0	0	0	■	0	0	2	2
Lực nâng tối đa	2	2	0	2	■	2	2	10
Xử lý	0	0	0	2	0	■	2	4
Màu sắc	0	0	0	0	0	0	■	0

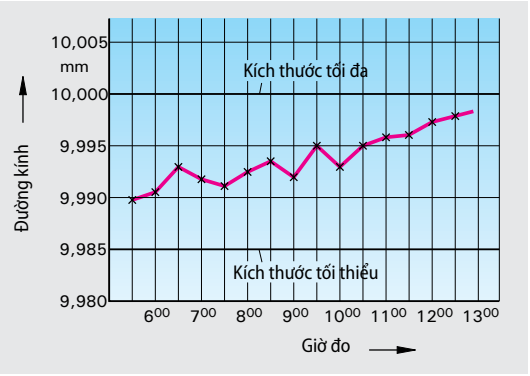
2 = quan trọng hơn...; 0 = kém quan trọng hơn...
® tiêu chí quan trọng nhất

Hình 4: Biểu đồ ma trận về việc quyết định mua một cần trục gắn vào tường

■ **Biểu đồ diễn biến** là một phương pháp đơn giản để mô tả và đánh giá sự phát triển và khuynh hướng của một độ lớn cần kiểm nghiệm trong một khoảng thời gian nào đó (**Hình 1**). Dựa vào những số liệu đã được thu thập được đưa vào, người ta có thể tiên đoán được hướng đi sắp tới của số đo. Biểu đồ diễn biến được dùng để lập bảng điều chỉnh chất lượng (**Trang 76**) với mục đích giám sát và điều chỉnh trị số riêng lẻ của các đặc tính trong sản xuất cũng như diễn tả sự phát triển kinh doanh có tầm xa, thí dụ như doanh số, lợi nhuận hay chi phí của một công ty.

■ **Histogram** là một biểu đồ cột dùng để miêu tả và đánh giá sự phân bố số đo của một đặc tính. Trong biểu đồ cột, chiều cao của mỗi cột tỷ lệ với tần suất của số đo (**Hình 3**).

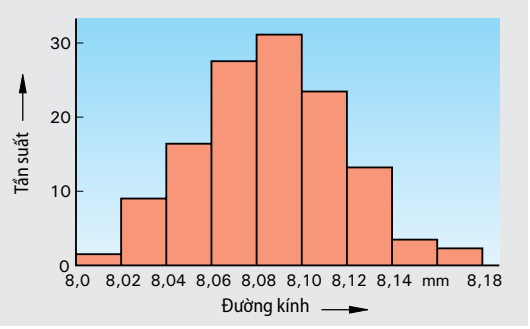
Để giới hạn số cột và làm cho biểu đồ dễ hiểu hơn ta phải tập hợp số đo thành một số nhóm. Muốn thế thì trước hết ta phải ấn định số nhóm, ranh giới và chiều rộng của mỗi nhóm. Để sửa soạn, ta làm một **giản đồ đếm kiểm** cho tần suất của mỗi số đo (**Hình 2**). Histogram được dùng trong các phương pháp thống kê. Nếu ta nối trung tâm chiều cao mỗi cột của histogram với nhau thì ta được đường cong phân bổ của tần suất các trị số riêng lẻ của số đo (**Hình 4**).



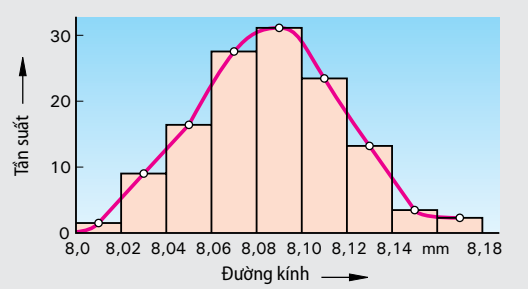
Hình 1: Biểu đồ hướng diễn biến một dây chuyền sản xuất bulông

Số nhóm	Giá trị đo d bằng mm $\geqq$ $<$	Tần suất	Σ
1	8,00 – 8,02	|	1
2	8,02 – 8,04	𝍸 ||||	9
3	8,04 – 8,06	𝍸 𝍸 𝍸 |	16
4	8,06 – 8,08	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 ||	27
5	8,08 – 8,10	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 |	31
6	8,10 – 8,12	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 |||	23
7	8,12 – 8,14	𝍸 𝍸 ||	12
8	8,14 – 8,16	|||	3
9	8,16 – 8,18	||	2
10	8,18 – 8,20		0

Hình 2: Giản đồ đếm kiểm của một dây chuyền sản xuất bulông



Hình 3: Biểu đồ cột (Histogramm) của một dây chuyền sản xuất bulông



Hình 4: Đường cong phân bố của một dây chuyền sản xuất bulông

Ôn tập và đào sâu

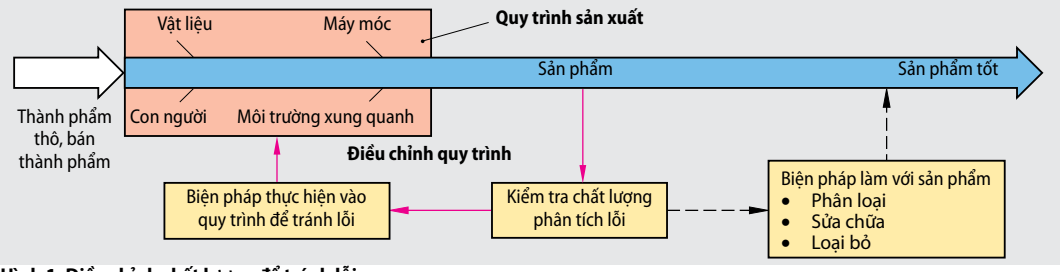
1. Tại sao quản lý chất lượng có ý nghĩa lớn đối với một công ty?
2. Người ta có thể chia quản lý chất lượng thành những phạm vi hoạt động nào?
3. Tại sao tiêu chuẩn DIN EN ISO 900 và DIN EN ISO 9001 được coi là những tiêu chuẩn quan trọng nhất trong phạm vi quản lý chất lượng?
4. Bạn hãy cho ít nhất 3 thí dụ về biểu đồ diễn biến mà bạn đã gặp trong nghề nghiệp hay đời sống cá nhân.
5. Khi kiểm tra một đặc trưng định lượng và một đặc trưng định tính thì kết quả nhận được là gì?
6. Bạn hãy diễn đạt **"Chiến lược triệt tiêu lỗi"** bằng lời văn của bạn.
7. Một lỗi sai hỏng nguy cấp khác một lỗi sai hỏng phụ ở chỗ nào?
8. Phiếu tổng hợp lỗi khác giản đồ đếm kiểm như thế nào?
9. Phân tích Pareto mang lại kết quả gì?

2.6 Điều chỉnh chất lượng

Điều tiên quyết cho việc điều chỉnh chất lượng là các biện pháp để đạt được quy trình ổn định cho mọi lĩnh vực để tránh lỗi sai hỏng. Nếu chỉ kiểm tra chất lượng tốt thôi thì chưa bảo đảm được là sản phẩm không bị lỗi.

Mục tiêu của điều chỉnh chất lượng là thỏa mãn yêu cầu về chất lượng bằng cách áp dụng những biện pháp ngăn ngừa, giám sát, chỉnh sửa cũng như diệt trừ những nguyên nhân gây ra lỗi để đạt được một lợi nhuận cao.

Trong điều chỉnh chất lượng ta lấy mẫu và thử nghiệm phôi gia công từ quá trình sản xuất đang chạy theo quãng thời gian ấn định (**Hình 1**). Nếu số đo không thỏa trị số đòi hỏi thì ta phải có biện pháp để ngăn chặn lỗi xảy ra.



Hình 1: Điều chỉnh chất lượng để tránh lỗi

Mục tiêu điều chỉnh chất lượng trong việc giám sát một quy trình sản xuất là làm sao giữ các đặc tính của quy trình chỉ phân tán trong một giới hạn cho phép nào đó. Năm yếu tố gây ra sự phân tán quy trình là con người, máy móc, vật liệu, phương pháp và môi trường chung quanh (**Bảng 1**).

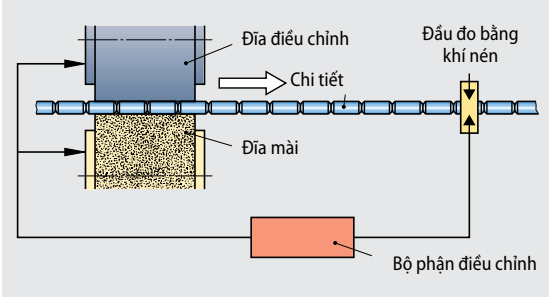
Ngoài năm yếu tố trên còn có một số yếu tố khác có ảnh hưởng đến chất lượng như tiền, tiếp thị, động cơ của nhân viên và khả năng có thể đo được. Phương pháp đo lường được chọn lựa có ảnh hưởng đến trị số đo. Một phương pháp đo được coi là thích hợp (có năng lực) để thử nghiệm một đặc tính nào đó nếu độ bất định của phép đo nhỏ không đáng kể khi so sánh với dung sai của chi tiết hay độ phân tán của sản xuất.

Bảng 1: Năm yếu tố ảnh hưởng đến sự phân tán của giá trị các đặc điểm

Con người	Trình độ nghề nghiệp, động cơ làm việc, mức chịu đựng, ý thức trách nhiệm
Máy móc	Độ bền vững, tính ổn định của sự gia công, tính định vị chính xác, sự chuyển động đồng đều, sự co giãn méo vì nhiệt, hệ thống dụng cụ và hệ thống kẹp chặt
Vật liệu	Kích thước, độ bền, độ cứng, ứng suất, thí dụ như qua xử lý nhiệt hay gia công
Phương pháp	Phương pháp sản xuất, thứ tự công việc, điều kiện cắt, phương pháp thử nghiệm
Môi trường	Nhiệt độ, sự rung chuyển của nền nhà

■ Những biện pháp điều chỉnh chất lượng

- **Kiểm soát chất lượng** trong khi hay ngay sau khi sản xuất để sớm tìm ra những phần bị lỗi.
- **Đánh giá trị số đo** ngay lập tức để điều chỉnh sản xuất, thí dụ như loại bỏ hay sửa chữa những phần bị lỗi.
- **Nhận biết khuynh hướng** để tránh lỗi.
- **Điều chỉnh quy trình** bằng những thiết bị điều chỉnh gắn trong máy để giữ kích thước được đồng đều (**Hình 2**).



Hình 2: Điều chỉnh quy trình mài

2.7 Đảm bảo chất lượng

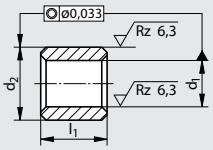
Mục tiêu chính của đảm bảo chất lượng là lập bằng chứng để chứng minh những yêu cầu về chất lượng trong sản xuất đã được thỏa mãn. Nhờ đảm bảo chất lượng, công ty nâng cao sự tin cậy của khách hàng và nhân viên vào khả năng chất lượng của công ty. Trong phạm vi thử nghiệm chất lượng thì giữa hai lãnh vực đảm bảo chất lượng và điều chỉnh chất lượng có nhiều phần trùng hợp nhau.

2.7.1 Kế hoạch kiểm tra

Kế hoạch kiểm tra ấn định những đặc trưng định lượng cần thử nghiệm. Cho mỗi lần kiểm tra người ta phải mô tả phương pháp kiểm tra như thế nào cũng như cách lập hồ sơ kiểm tra cho các kết quả.

■ **Kế hoạch kiểm tra** bao gồm những chỉ dẫn về phương pháp kiểm tra và thứ tự kiểm tra từ lúc hàng nhập kho qua sản xuất cho đến kiểm tra lần cuối (**Bảng 1**).

Bảng 1: Kế hoạch kiểm tra



Số nhận dạng: 18012 — Số bản vẽ: 241074
Tên: **Ống lót cho ổ trượt** — Số sơ đồ kiểm tra: 81

Số TT	Đặc trưng kiểm tra	Phương tiện kiểm tra	Số lượng kiểm tra	Phương pháp kiểm tra [1]	Thời điểm kiểm tra	Tài liệu kiểm tra
1	Chiều dài l_1 20 h11 = 20 0/-0,13 mm	Thước cặp	n = 1	1/V	Mỗi giờ	Biên bản kiểm tra
2	Đường kính trong d_1 20 E6 = 20+0,053/+0,040 mm	Thiết bị đo đường kính trong tự định tâm	n = 5	1/V	Mỗi 15 phút	Bảng điều chỉnh
3	Đường kính trong d_2 26 s6 = 26+0,048/+0,035 mm	Đồng hồ đo chính xác	n = 5	1/V	Mỗi 15 phút	Bảng điều chỉnh
4	Sự đồng trục t_{KO} = 0,033 mm	Máy đo hình dạng	n = 1	3/V	Mỗi giờ	Biên bản kiểm tra

[1] Phương pháp kiểm tra: 1 = Kiểm tra bởi nhân công; 2 = Kiểm tra bởi phòng kiểm soát chất lượng; 3 = Kiểm tra bởi phòng thí nghiệm
V = biến số (số lượng,định lượng qua đo lường); A = định tính (chất lượng, tìm ra đặc tính); n = cỡ mẫu

■ Nơi kiểm tra và thời điểm kiểm tra

Kiểm tra hàng nhập vào kho (**kiểm tra đầu vào**) có mục đích đảm bảo yêu cầu chất lượng những sản phẩm mua của các nhà cung cấp. Những sản phẩm này chưa được dùng cho sản xuất nếu chưa được cho phép. Sự kiểm tra hàng nhập vào bao gồm kiểm tra nhận dạng và số lượng cũng như kiểm tra chất lượng dựa trên kế hoạch kiểm tra.

Kiểm tra giữa quy trình trong sản xuất hay lắp ráp được thực hiện trong khi những quy trình này đang tiến hành. Nếu cần làm kiểm tra giữa quy trình sau một số bước sản xuất nào đó thì điều này phải được ấn định trong kế hoạch thử nghiệm. Nếu một công nhân đảm trách việc kiểm tra thì trình độ của người này phải được quy định. Kết quả kiểm tra phải được lập biên bản.

Kiểm tra lần cuối có mục đích kiểm tra trị số cho chức năng và kích thước lắp ráp quan trọng. Trước khi giao hàng sản phẩm phải qua một lần kiểm tra phù hợp cuối cùng để đảm bảo không còn lỗi sai hỏng.

Những chi tiết có lỗi sai hỏng phải được giữ lại hoặc sửa lỗi trước khi giao cho khách hàng.

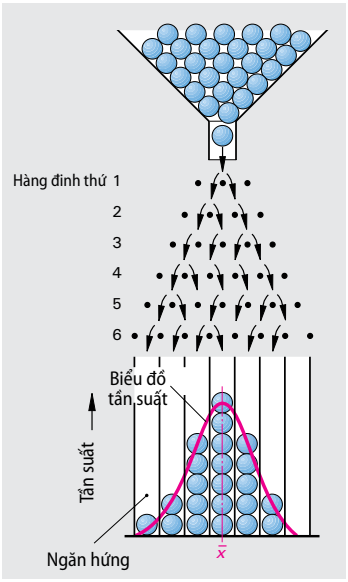
2.7.2 Xác suất

Nếu xuất phát từ ảnh hưởng của toàn bộ rất nhiều sự ngẫu nhiên thì ta có thể dùng những định luật về xác suất để tiên đoán việc xảy ra của một sự kiện nào đó. Nếu *g* là số lần một sự kiện xảy ra trong tổng số *m* các lần thử là thì xác suất *P* (tiếng Anh: Probability) được tính bằng cách lấy số *g* chia cho *m*. Người ta có thể viết xác suất dưới dạng một phân số, một số lẻ giữa 0 và 1 hay số phần trăm.

$$P = \frac{g}{m} . 100\%$$

2.7.3 Phân bố chuẩn cho các giá trị của một đặc tính

Theo quy tắc về xác suất thì nếu giá trị của một đặc tính bị ảnh hưởng ngẫu nhiên của một số yếu tố thì nó thay đổi theo một phân phối đối xứng quanh trị số trung bình. Một thí dụ điển hình cho ảnh hưởng ngẫu nhiên là thí nghiệm bảng Galton. Trong thí nghiệm này người ta thả một số hòn bi vào một cái phễu, cho rơi qua một số hàng đinh đóng trên một bảng gỗ và hứng vào một số ngăn dưới cái phễu (**Hình 1**). Khi một hòn bi rơi đụng vào một cái đinh thì hòn bi có thể bị lệch qua bên phải hay bên trái. Sự rơi lệch ngẫu nhiên này đưa đến kết quả là ở ngăn giữa có nhiều hòn bi tích tụ hơn. Nếu số hàng đinh đủ lớn thì phân phối mật độ của hòn bi trong các ngăn hứng có dạng **đường cong hình chuông của hàm Gauß**, tiêu biểu cho một phân bố chuẩn. Việc hòn bi bị đinh làm lệch qua một bên trên bảng Galton tương ứng với những ảnh hưởng ngẫu nhiên trong một quy trình sản xuất. Tương tự như thế, chiều cao của dân số một nước hay kích thước của một phôi gia công trong sản xuất tương ứng với phân phối chuẩn. Chỉ cần lấy mẫu của 25 phôi gia công người ta cũng đã có được một phân phối chuẩn gần đúng.



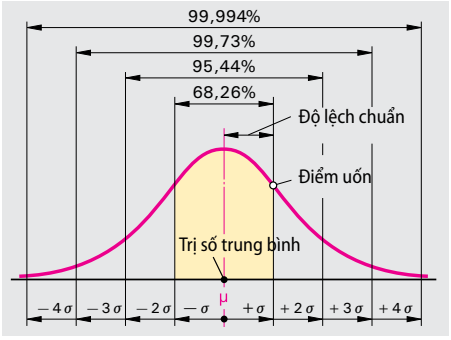
Hình 1: Phân bố của những hòn bi rơi qua bảng Galton

Nếu một đặc tính chịu ảnh hưởng ngẫu nhiên của nhiều yếu tố thì số đo của đặc tính tuân theo một phân phối chuẩn. Phân phối chuẩn có dạng một đường cong hình chuông biểu diễn mật độ xác suất.

■ Phân bố mật độ (phân phối tần suất) của phân bố chuẩn

Khi trị số của một đặc tính là một phân phối chuẩn thì người ta có thể biểu diễn phân phối mật độ (tần số) của đặc tính này bằng một đường cong Gauß hình chuông với trị số trung bình μ và độ lệch chuẩn σ (**Hình 2**). Diện tích dưới đường cong hình chuông là độ đo cho toàn thể các trị số của đặc tính. Nếu ta chia diện tích dưới đường cong thành từng phần của độ lệch chuẩn σ thì ta được những tập hợp con (Hình 2):

Giữa $\mu + 1\sigma$ và $\mu - 1\sigma$ có 68,26% các trị số của đặc tính
Giữa $\mu + 2\sigma$ và $\mu - 2\sigma$ có 95,44% các trị số của đặc tính
Giữa $\mu + 3\sigma$ và $\mu - 3\sigma$ có 99,73% các trị số của đặc tính



Hình 2: Mật độ của phân bố chuẩn

2.7.4 Phân bố pha trộn cho các giá trị của một đặc tính

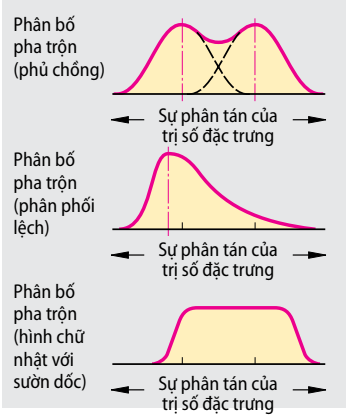
Nếu vì một lý do nào đó mà một đặc tính bị **ảnh hưởng một cách có hệ thống** của một yếu tố thì phân phối hình thành không phải là một phân phối chuẩn mà là một phân phối pha trộn. Ta không thể áp dụng luật xác suất để tính cho phân phối pha trộn (**Hình 3**).

Phân phối pha trộn có thể sinh ra vì:

- Trộn lẫn vật gia công của nhiều máy hay nhiều loạt sản xuất khác nhau.
- Thay đổi vật liệu trong một loạt sản xuất.
- Công cụ bị hao mòn mạnh hoặc bị co giãn vì nhiệt.

Khi có một phân phối pha trộn thì ta không được phép dùng mô hình toán về phân phối chuẩn để tính, vì những định luật cho phân phối chuẩn không đúng nữa.

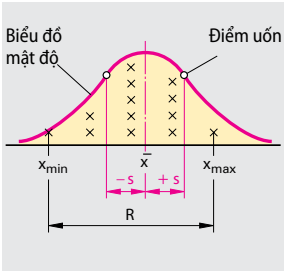
Nếu muốn áp dụng phương pháp thống kê để kiểm soát một quy trình thì trước đó ta phải kiểm tra cẩn thận và chứng minh rằng phân phối của quy trình là một phân phối chuẩn.



Hình 3: Phân bố pha trộn

2.7.5 Tham số đặc trưng cho phân bố chuẩn của mẫu thử

Trị số trung bình (**Giá trị trung bình, tham số vị trí của phân bố**) $\bar{x}$ *(đọc là x ngang)* là trị số của *x (đặc tính kiểm tra)* khi đường cong mật độ *(Độ nhiều, độ xuất hiện, tần suất xuất hiện)* đạt đến điểm có độ xác suất cao nhất. Nó nằm ở giữa đường cong phân bố tần suất (hàm mật độ xác suất) và là một kích thước (tham số) cho vị trí của phân bố (**Hình 1**). Trị số trung bình được tính bằng cách lập tổng số các trị số riêng lẻ x rồi chia cho cỡ mẫu *n*.



Hình 1: Tham số đặc trưng của một phân bố chuẩn

Trị số trung bình

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_n}{n}$$

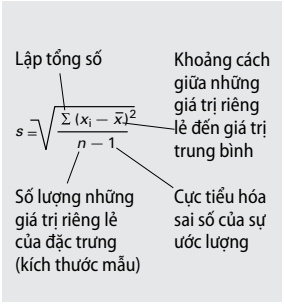
Nếu ta xếp thứ tự những trị số riêng lẻ của đặc tính từ nhỏ tới lớn thì trị số nằm giữa là **số trung vị** $\tilde{x}$ *(đọc là x ngã)*. Nếu cỡ mẫu là số lẻ thì số trung vị chính là con số nằm ở giữa. Nếu cỡ mẫu là số chẵn thì ta lấy số trung bình của hai con số đứng giữa.

Trị số trung bình $\bar{x}$ và trị số trung vị $\tilde{x}$ là hai đại lượng tiêu biểu cho vị trí của một phân bố tần suất xuất hiện và vì thế cho một quy trình.

Khoảng biến thiên (**khoảng đo**) ***R*** *(phạm vi)* là khoảng cách giữa số cao nhất và số thấp nhất của một sự lấy mẫu ngẫu nhiên. Nó là một trị số đặc trưng đơn giản cho sự phân tán của các trị số riêng lẻ.

Khoảng đo

$$R = x_{max} - x_{min}$$



Hình 2: Độ lệnh chuẩn của một mẫu lay (thống kê đánh giá)

Độ lệch chuẩn ***(Sai số chuẩn)*** s là khoảng cách giữa trị số trung bình đến điểm uốn của hàm mật độ xác suất *(đường cong phân phối tần suất xuất hiện)* (**Hình 1**). Để tính độ lệch chuẩn ta lấy từng trị số riêng lẻ trừ cho trị số trung bình ($x_i - \bar{x}$) rồi tính ra bằng công thức của **Hình 2**. Ta có thể chỉ lấy một mẫu có vài trị số để suy ra tính chất của tổng thể. Tuy nhiên sự đánh giá này không chính xác. Muốn cho sai số nhỏ đi thì ta phải dùng một kích thước mẫu lớn hơn. Để cực tiểu hóa sai số khi dùng công thức trong Hình 2 người ta thay thế kích cỡ mẫu *n* bằng n−1.

Khoảng đo *R* và độ lệch chuẩn *s* là kích cỡ bề rộng của hàm mật độ xác suất *(đường cong tần suất xuất hiện)* và vì thế cũng là kích cỡ cho độ phân tán của các trị số riêng lẻ và của quy trình.

Thí dụ: Trị số của một lần lấy mẫu đã được xếp thứ tự: $d_1 = 80{,}31$; $d_2 = 80{,}42$; $d_3 = 80{,}44$; $d_4 = 80{,}46$; $d_5 = 80{,}52$;
Đánh giá: **Trị số trung bình $\bar{x}$ =** (80,31+80,42+80,44+80,46+80,52):5 = **80,43 mm; Số trung vị $\tilde{x}$ = 80,44 mm;**
Khoảng đo *R* = 80,52 – 80,31 = **0,21 mm; Độ lệch chuẩn *s* = 0,077 mm**

■ Trị số đặc trưng của phân bố chuẩn trong một lô kiểm tra

Ta có thể ước lượng trị số đặc trưng của toàn bộ tổng thể (lô kiểm tra) bằng phương pháp lấy mẫu và áp dụng những phép tính thống kê. Để phân biệt rõ ràng thông số ước lượng dựa trên tập hợp cơ bản (toàn bộ tổng thể) với thông số của mẫu lấy, người ta dùng những ký hiệu khác nhau. Để đánh dấu những trị số ước lượng người ta dùng dấu mũ ^. Qua đó ta có thể phân biệt rõ ràng trị số ước lượng với trị số thực của quy trình. Trị số thực được tính bằng cách dùng phương pháp thống kê mô tả cho thử nghiệm 100% tổng thể (**Bảng 1**).

Bảng 1: Tham số đặc trưng và ký hiệu trong kiểm tra chất lượng

Sự kiểm tra mẫu ngẫu nhiên (thống kê đánh giá)		**Kiểm tra 100% (Thống kê mô tả)**
Lấy mẫu ngẫu nhiên	**Toàn bộ tổng thể (Tập hợp cơ bản)**	
Số lượng các trị số đo *n*	Số lượng các trị số đo *m.n*	Số lượng toàn bộ trị số đo *N*
Trị số trung bình $\bar{x}$	Trị số trung bình được ước tính cho quy trình μ	Trị số trung bình cho quy trình μ
Độ lệch chuẩn s	Độ lệch chuẩn được ước tính cho quy trình σ (máy tính bỏ túi σ_{n-1})	Độ lệch chuẩn cho quy trình σ (máy tính bỏ túi σ_n)

2.7.6 Kiểm tra chất lượng theo phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên

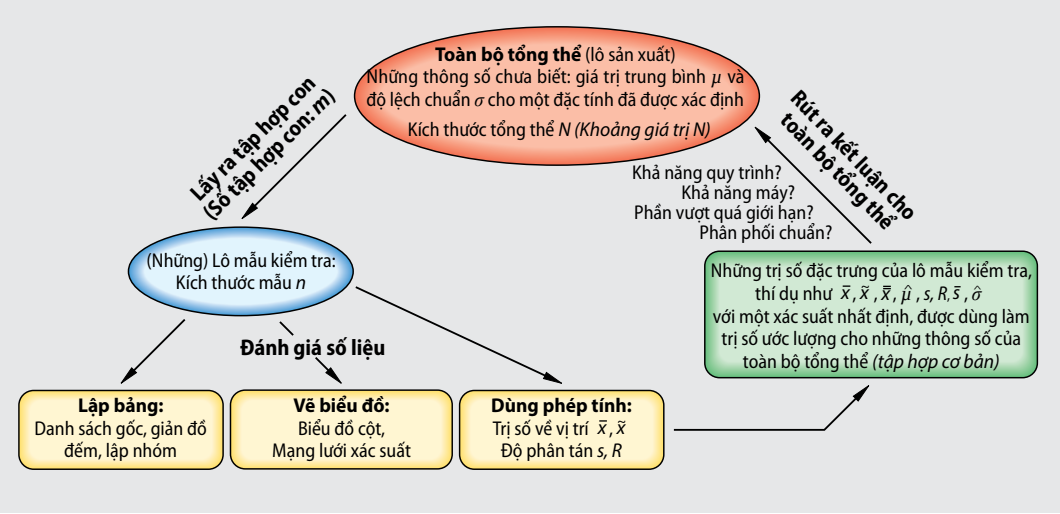
Khác với phương pháp **kiểm tra 100%** khi tất cả các phôi gia công của một lô sản xuất được kiểm tra, phương pháp **kiểm tra lấy mẫu ngẫu nhiên** chỉ kiểm tra một hay nhiều tập hợp con của phôi kiểm tra. So sánh với kiểm tra lấy mẫu ngẫu nhiên, độ chính xác của kiểm tra 100% cao hơn nhưng phí tổn cũng cao hơn. Vì thế nó chỉ được dùng cho những trường hợp phôi bị lỗi nhiều đến ngưỡng tới hạn.

Vì chi phí thuận lợi hơn, phương pháp kiểm tra lấy mẫu ngẫu nhiên đóng một vai trò quan trọng trong kiểm soát sản xuất hàng loạt cũng như kiểm tra khả năng máy hoặc khả năng quy trình. Người ta có thể đánh giá đặc tính của tổng hợp con (lấy mẫu) để suy diễn ra đặc tính của tổng hợp toàn thể (tổng thể).

Thí dụ 1: Bulông của một nhà cung cấp phải có một độ cứng nhất định. Từ một lô sản xuất có $N = 2400$ đơn vị người ta lấy mẫu ngẫu nhiên $n = 80$ đơn vị và kiểm tra độ cứng đòi hỏi. Nếu tìm thấy 2 lỗi sai hỏng thì ta có thể suy ra là tổng thể bulông của lô sản xuất có 60 lỗi. Tuy nhiên ta chỉ có thể nói được điều này khi mẫu lấy là một mẫu tiêu biểu cho tổng thể. Một mẫu lấy gọi là tiêu biểu khi tần suất của số đo trong mẫu lấy tỷ lệ với tần suất của số đo trong tổng thể.

Thí dụ 2: Một rôbốt sơn xe ôtô. Mỗi giờ người ta lấy lô mẫu thử $n = 5$ xe để đo bề dày của lớp sơn. Mục tiêu là giám sát và điều chỉnh quy trình làm sao để tránh không có một lỗi sai hỏng nào (→ điều chỉnh quy trình bằng thống kê).

Nhìn về mặt thống kê thì một đợt giao hàng, một lô sản xuất hay một lô kiểm tra tương ứng với một tổng thể có N đơn vị. Ta lấy từ tổng thể số lần mẫu *(m)*, *n đơn vị* cho mỗi mẫu. Sau đó ta thu thập số đo của một đặc tính, thí dụ như độ cứng, bằng cách lập một danh sách gốc. Ta đánh giá danh sách gốc bằng cách dùng bảng, dùng phép tính, hay dùng biểu đồ. Ta định trị số trung bình $\bar{x}$ hay số trung vị $\tilde{x}$, độ lệch chuẩn s hay khoảng biến thiên R cho mỗi lần lấy mẫu. Nếu nhiều lần lấy mẫu khác nhau thì ta tính số trung bình của các loạt đo, thí dụ $\bar{\bar{x}}$ (đọc là x hai gạch ngang) hay $\bar{s}$. Nếu số mẫu m ta lấy đủ lớn ($m \geq 25$) thì $\bar{\bar{x}}$ tương ứng với trị số trung bình của quy trình $\hat{\mu}$ và $\bar{s}$ tương ứng với độ lệch chuẩn của quy trình $\hat{\sigma}$. Dùng phương pháp lấy mẫu và những thông số của mẫu lấy người ta có thể suy ra các trị số ước tính cho các thông số của toàn bộ tổng thể với một xác suất sai số nào đó (**Hình 1**).



Hình 1: Mô hình kiểm tra qua cách lấy mẫu (thống kê quy nạp)

Khi dùng phương pháp **kiểm tra lấy mẫu động** thì tùy theo kết quả kiểm tra mà ta điều chỉnh cho thích ứng kích thước mẫu kiểm tra hay tần số kiểm tra. Nếu khi kiểm tra giữa quy trình có những chi tiết gia công làm xong bị lỗi thì ta phải kiểm tra 100% tất cả các chi tiết gia công đã được sản xuất kể từ lần lấy mẫu cuối cùng.

2.8 Năng lực máy

Năng lực máy là khả năng của một máy có thể chế tạo hoàn hảo một phôi gia công dưới một số điều kiện nhất định nào đó. Năng lực máy là điều kiện tiên quyết cho năng lực quy trình, cho sự điều chỉnh quy trình bằng thống kê và cho sự áp dụng bảng điều chỉnh chất lượng.

Kiểm tra năng lực máy (**Xét nghiệm năng lực máy, phân tích năng lực máy, kiểm tra khả năng máy**) là một cuộc kiểm tra ngắn hạn độ chính xác khi sản xuất của một máy. Trong thời gian kiểm tra, ảnh hưởng từ môi trường xung quanh vào máy cần phải giữ ở mức độ tối thiểu và không được thay đổi. Kiểm tra khả năng máy cần được thực hiện trước khi áp dụng bảng điều chỉnh chất lượng, trước khi đưa máy vào sử dụng hay thay đổi máy và phương tiện sản xuất, trong khi nghiệm thu máy, thay đổi dụng cụ và thiết bị cũng như sau khi bảo trì và sửa chữa.

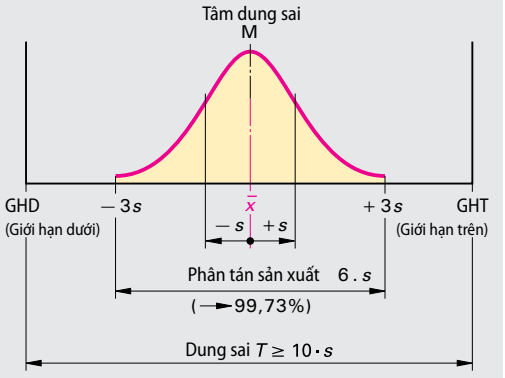
> Kiểm tra năng lực máy là một xét nghiệm ngắn hạn về khả năng sản xuất chính xác của máy.

Để kiểm tra máy ta cần lấy mẫu ngẫu nhiên của ít nhất 50 phôi gia công được chế tạo liên tục mà không điều chỉnh máy. Trị số đo của những đặc trưng chất lượng muốn kiểm tra được thu thập và đánh giá. Việc đánh giá được thực hiện bằng phương pháp tính hay dùng đồ họa với bảng mạng xác suất (Trang 74). Nếu phân phối số đo là một phân phối chuẩn thì ta có thể tính được trị giá trung bình $\bar{x}$ và độ lệch chuẩn s cũng như thông số C_m và C_{mk} cho năng lực máy. Để chứng minh năng lực máy thì máy phải thỏa **hai đòi hỏi**:

1. Độ phân tán sản xuất *6.s* của máy không được lớn hơn 60% = 3/5 dung sai. Điều này có nghĩa là dung sai ít nhất phải bằng 10.*s* hay **chỉ số năng lực máy C_m** phải lớn hơn hay bằng 5/3 = 1,67. Trị số của C_m cho ta biết là độ phân tán của sản xuất có đủ nhỏ để nằm trong dung sai hay không (**Hình 1**).
2. **Tham số năng lực máy C_{mk}** có lưu ý đến vị trí của phân bố trong miền dung sai. Trị số trung bình của sản xuất phải cách mỗi giới hạn của dung sai ít nhất là 5.*s* (lời khuyên của DQG[1] và VDA[2]. Điều này dẫn đến một trị số tối thiểu cho C_{mk} là 1,67. Trị số của C_{mk} cho biết là máy có được chỉnh đúng vào giữa để thật sự sản xuất ra những sản phẩm không vượt quá miền dung sai hay không (**Hình 2**).

Nếu cả hai điều kiện trên được thỏa mãn thì máy xem như có năng lực.

[1] DGQ = Deutsche Gesellschaft für Qualität (Hiệp Hội Chất Lượng Đức)
[2] VDA = Verband der Automobilindustrie (Hiệp Hội Ngành Công Nghiệp Ô tô)



$$C_m = \frac{T}{6 \,.\, s}$$

Đòi hỏi:
$C_m \geq 1{,}67$

Nếu một phân phối là phân phối chuẩn thì 99,73% tổng số các trị số nằm trong khoảng $\mu \pm 3 \,.\, \sigma$.

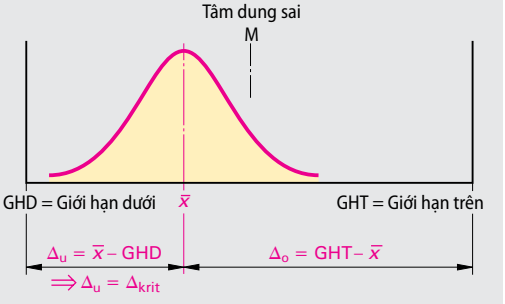
Do đó nếu phân phối mẫu lấy là một phân phối chuẩn thì khoảng này tương đương với $\bar{x} \pm 3.s$.

Vì hầu hết các trị giá của quy trình sản xuất nằm trong khoảng $\bar{x} \pm 3.s$ nên người ta còn gọi khoảng này là **độ phân tán sản xuất**.

$$6 \cdot s \leq 0{,}6 \cdot T \implies T \geq 10 \cdot s$$

$$C_m = \frac{T}{6 \,.\, s} = \frac{10 \,.\, s}{6 \,.\, s} = 1{,}67$$

Hình 1: Chỉ số năng lực máy C_m



$$C_{mk} = \frac{\Delta_{krit}}{3 \cdot s}$$

Đòi hỏi:
$C_{mk} \geq 1{,}67$
(theo DGQ[1]) và VDA[2])

Δ_{krit} là khoảng cách ngắn hơn giữa trị số trung bình và một giới hạn dung sai, trong trường hợp này là khoảng cách Δ_u.

Δ_{krit} cũng có thể đọc được từ biểu đồ mạng xác suất (Trang 74).
Nhu cầu $C_m \geq 1{,}67$ và $C_{mk} \geq 1{,}67$ là do khách hàng quy định và thay đổi tùy theo cách sản xuất.
Ngoài ra thì bao giờ C_{mk} cũng nhỏ hơn Cm:
$C_{mk} \leq C_m$

Hình 2: Tham số năng lực máy C_{mk}

■ Thí dụ cho một kiểm tra năng lực máy

Một máy robot được dùng để sơn vành bánh xe ô tô (**Hình 1**). Độ dày lớp sơn phải là 100 µm ± 20 µm.

Ta đo độ dày lớp sơn của 56 vành bánh xe đầu tiên mà robot đã sơn và ghi trị số đo bằng µm vào một bảng gốc (**Bảng 1**). Để tính chỉ số năng lực máy C_m và C_{mk} ta phải tính những thông số của phân phối bề dày lớp sơn. Giả thử kích thước mẫu là n=56 và khoảng biến thiên của bề dày lớp sơn là R. Ta chia kích cỡ bề dày thành một số nhóm k với bề rộng w để có thể gom các số đo bề dày vào số nhóm k (ghép nhóm). k và w được tính theo công thức trong **Hình 2**. Ta vẽ giản đồ đếm kiểm để đếm tần số n_j của mỗi lớp (**Bảng 2**). Sau đó ta tính tần số tương đối h_j bằng % và cộng từng bậc các trị số h_j để tính tổng tần số F_j bằng %. Cuối cùng ta dùng biểu đồ mạng xác suất và phương pháp đồ thị để tính thông số của phân phối mẫu (Hình 1, trang 74).

Biểu đồ mạng xác suất (mạng W)

Biểu đồ mạng xác suất được dùng để thử nghiệm mẫu lấy ngẫu nhiên xem phân bố có là phân bố chuẩn không cũng như để tính trị giá trung bình $\bar{x}$, độ lệch chuẩn s và khoảng cách tới hạn Δ_{krit} bằng phương pháp đồ thị. Ta cần những thông số này để tính năng lực máy. Ngoài ra qua đó ta cũng có thể ước lượng được những phần nằm ngoài giới hạn cho phép trong toàn bộ tổng thể.

Trục y (trục đứng) của biểu đồ mạng xác suất dùng để chỉ tổng số tần suất xuất hiện F_j cũng như (100- F_j), có tỉ lệ logarith và trị số là %. Trục x (trục ngang) chỉ độ dầy của ớp sơn. Trên trục y ta còn thấy một biến u với thang tuyến tính.. Mục đích của biến u là giúp ta đọc được trên trục x trị giá của độ lệch chuẩn s và những bội số của s một cách dễ dàng.

Trên trục x thoạt tiên ta vẽ ranh giới của nhóm và dung sai (100 ± 20 µm). Hai đường thẳng đứng (màu đỏ) đánh dấu *giới hạn dưới GHD* (80 µm) và *giới hạn trên GHT* (120 µm) của kích cỡ. Kế đến ta vẽ vào biểu đồ những điểm tương ứng với ranh giới trên của mỗi nhóm và trị số của F_j đọc từ Bảng 2 (thí dụ cho nhóm 1: ranh giới trên x= 99, F_j = 1,8%) trừ trị số cho F_j = 100%. Cuối cùng ta vẽ một đường thẳng trung bình qua những điểm này. Đường thẳng này gọi là **đường thẳng xác suất** (đường thẳng W).

Khi kéo một đường thẳng song song với trục x tại trị số u = 0 hay F_j = 50% thì giao điểm của đường này với đường thẳng xác suất W có trị giá $x = \bar{x}$ là trị giá trung bình của phân phối. Khi vẽ thêm hai đường thẳng tại $u = \pm 3$ ta được hai giao điểm mới. Chiếu hai điểm này xuống trục x ta định được độ phân tán sản xuất 6.s (màu xanh lá cây). Khoảng cách Δ_{krit} là khoảng cách nhỏ hơn giữa trị số trung bình $\bar{x}$ và GHD hoặc GHT. Trong thí dụ này Δ_{krit} = 13 µm là khoảng cách từ $\bar{x}$ đến GHD. Nếu đường thẳng W cắt đường thẳng của *giới hạn trên* GHT hay *giới hạn dưới* GHD (GHT trong thí dụ này) thì ta có thể ước lượng được phần *trị số nhỏ bất thường* $\hat{P}_u$ và *trị số lớn bất thường* $\hat{P}_o$ của tổng thể.

Với những kết quả cho phân phối mẫu ta có thể tính được chỉ số năng lực máy C_m và C_{mk} (**Hình 3**).

Hình 1: Dàn máy robot sơn

Bảng 1: Bảng gốc chiều dày của lớp sơn bằng µm

107	106	109	103	101	113	104	107
107	110	110	**116**	107	112	101	107
113	105	106	107	110	104	109	110
112	106	107	106	111	106	107	101
104	105	105	104	102	106	104	100
110	109	112	109	109	107	103	104
107	105	**97**	102	106	107	109	112

$$k \approx \sqrt{n} = \sqrt{56} = 7{,}48 \implies k = 7$$

$$R = x_{max} - x_{min} = 116\,\mu m - 97\,\mu m = 19\,\mu m$$

$$w \approx \frac{R}{k} = \frac{19\,\mu m}{7} = 2{,}7\,\mu m \implies w = 3\,\mu m$$

Hình 2: Cách tính chiều rộng lớp w

Bảng 2: Danh sách đếm kiểm

Số lớp	Trị số đo ≥	<	Danh sách đếm kiểm	n_j	h_j %	F_j %
1	96	99	|	1	1,8	1,8
2	99	102	||||	4	7,1	8,9
3	102	105	𝍸 𝍸	10	17,9	26,8
4	105	108	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 |	21	37,5	64,3
5	108	111	𝍸 𝍸 ||	12	21,4	85,7
6	111	114	𝍸 ||	7	12,5	98,2
7	114	117	|	1	1,8	100,0
			Tổng số	56	100,0	

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s} = \frac{40\,\mu m}{22\,\mu m} = 1{,}82 > 1{,}67!$$

Kết quả:
Robot sơn có khả năng giữ được dung sai.

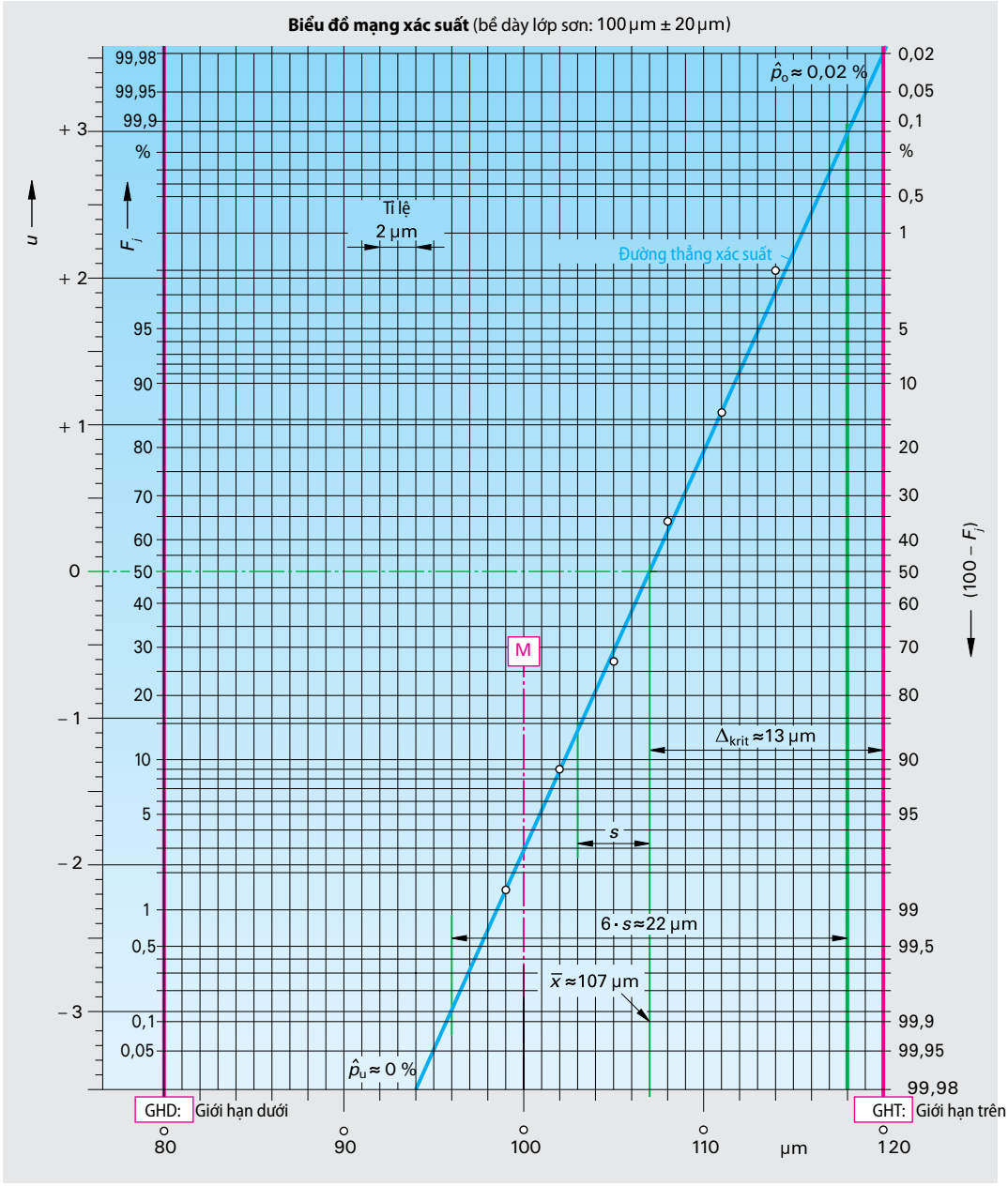
$$\Delta_o = GHT - \bar{x} = (120 - 107)\,\mu m = 13\,\mu m$$

$$\Delta_u = \bar{x} - GHD = (107 - 80)\,\mu m = 27\,\mu m$$

$$C_{mk} = \frac{\Delta_{krit}}{3 \cdot s} = \frac{13\,\mu m}{11\,\mu m} = 1{,}18 < 1{,}67!$$

Kết quả:
Robot sơn không có đủ năng lực. Lượng sơn dùng phải được giảm bớt.

Hình 3: Cách tính năng lực máy



Hình 1: Dùng bảng biểu đồ mạng xác suất để phân tích một sự lấy mẫu ngẫu nhiên

Từ **Hình 1** ta có thể suy ra sau đây:

- Trị số đo được phân bố chuẩn vì những điểm của tổng tần suất F_j nằm trên một đường thẳng.
- Trị số trung bình số học $\bar{x}$ và độ lệch chuẩn s là: $\bar{x} = 107$ µm; $6.s = 22$ µm $\rightarrow s = 3{,}7$ µm
- Đường thẳng xác suất có độ dốc khá lớn, có nghĩa là phân bố có độ phân tán nhỏ.
- Phần *trị số bất thường trên* $\hat{p}_o = 0{,}02\%$, phần *trị số nhỏ bất thường dưới* $\hat{p}_u$ là 0 (đường thẳng xác suất không cắt đường thẳng GHD).
- Trị số trung bình $\bar{x}$ nằm phía bên phải và cách xa điểm giữa *M* (tâm phân bố), khoảng cách của nó đến giới hạn trên GHT là 13 µm. Trị số này chính là "khoảng cách tới hạn" $\Delta_{krit.}$

2.9 Năng lực quy trình

Năng lực quy trình là khả năng của một quy trình sản xuất có thể chế tạo phôi gia công không bị lỗi sai hỏng một cách lâu dài mặc dù bị ảnh hưởng của nhiều yếu tố.

Có năm yếu tố ảnh hưởng đến năng lực quy trình, đó là **con người, vật liệu, phương pháp, máy móc** và **môi trường xung quanh**. Kiểm tra năng lực quy trình cần được làm trước khi đưa một quy trình mới vào sản xuất, trước khi áp dụng bảng điều chỉnh chất lượng để giám sát quy trình bằng thống kê, hay khi muốn đánh giá một quy trình sản xuất hàng loạt đang hoạt động.

Kiểm tra năng lực quy trình là một cuộc kiểm tra dài hạn về khả năng và sự điều khiển được của một quy trình sản xuất.

Muốn xác định năng lực một quy trình ta làm một cuộc kiểm tra dài hạn trước khi bắt đầu sản xuất hay trong khi sản xuất. Khi đánh giá diễn biến của một quy trình ta cần lấy mẫu ít nhất 25 lần, mỗi lần lấy 5 mẫu ($n = 5$). Mỗi lần lấy mẫu ta tính trị số trung bình $\bar{x}$ và độ lệch chuẩn s của mỗi mẫu. Từ đó ta tính thông số $\hat{\mu}$ và $\hat{\sigma}$ là trị giá trung bình của 25 thông số mẫu. Ta dùng hai thông số mẫu này như trị giá ước lượng cho thông số thực μ và σ của quy trình. Cuối cùng ta tính chỉ số C_p và C_{pk} cho quy trình, tương tự như khi tính chỉ số cho năng lực máy (**Hình 1**).

$$C_p = \frac{T}{6 \cdot \hat{\sigma}}$$

$$C_{pk} = \frac{\Delta_{krit}}{3 \cdot \hat{\sigma}}$$

Yêu cầu tối thiểu

$C_p \geq 1{,}33$

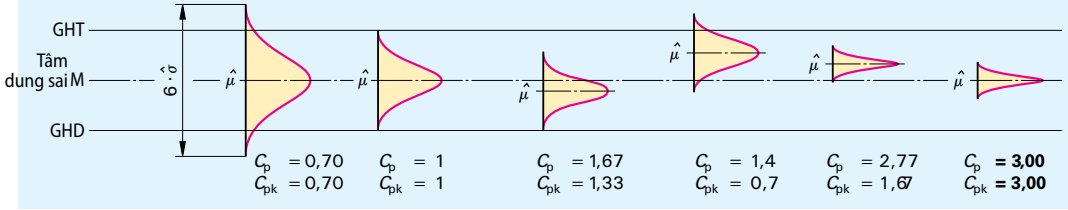
$C_{pk} \geq 1{,}33$

Kinh nghiệm cho biết là bề rộng độ phân tán 6. $\hat{\sigma}$ của tiến trình sản xuất không được lớn hơn 75% ≙ 3/4 của kích cỡ T (dung sai).

Điều này có nghĩa là kích cỡ T phải lớn hơn hay bằng 8. $\hat{\sigma}$ và như thế $C_p \geq 4/3 = 1{,}33$.

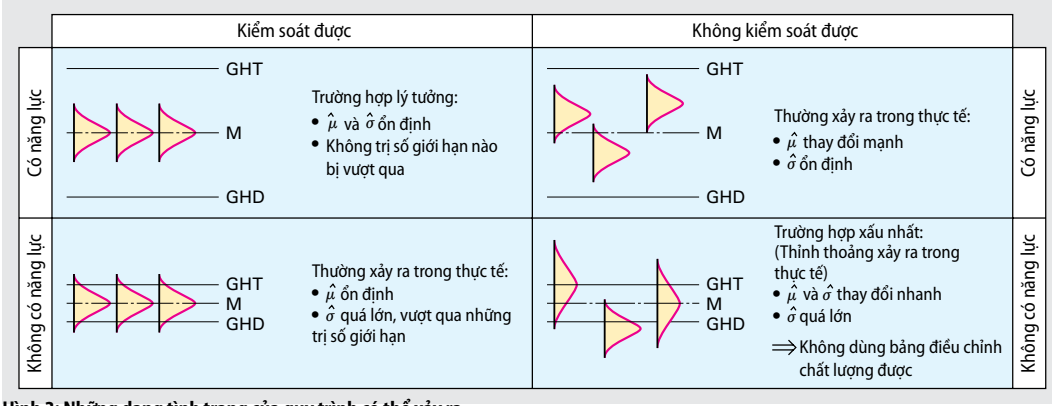
$C_{pk} \geq 1{,}33 = 4/3$ có nghĩa là điểm trung bình của quy trình phải cách mỗi giới hạn của kích cỡ tối thiểu là 4. $\hat{\sigma}$.

Hình 1: Năng lực quy trình



Hình 2: Những thí dụ cho thông số đặc trưng của quy trình

Một quy trình gọi là **có năng lực** khi có thể sản xuất hoàn hảo, không có lỗi, một cách dài hạn. Để đạt được điều này độ phân tán 6. $\hat{\sigma}$ phải nhỏ hơn dung sai một cách đáng kể. Được xem là làm chủ quy trình khi không có một yếu tố không biết nào làm rối loạn tiến trình sản xuất một cách có hệ thống (**Hình 2** và **Hình 3**).



Hình 3: Những dạng tình trạng của quy trình có thể xảy ra

2.10 Điều chỉnh quy trình bằng thống kê với bảng điều chỉnh chất lượng

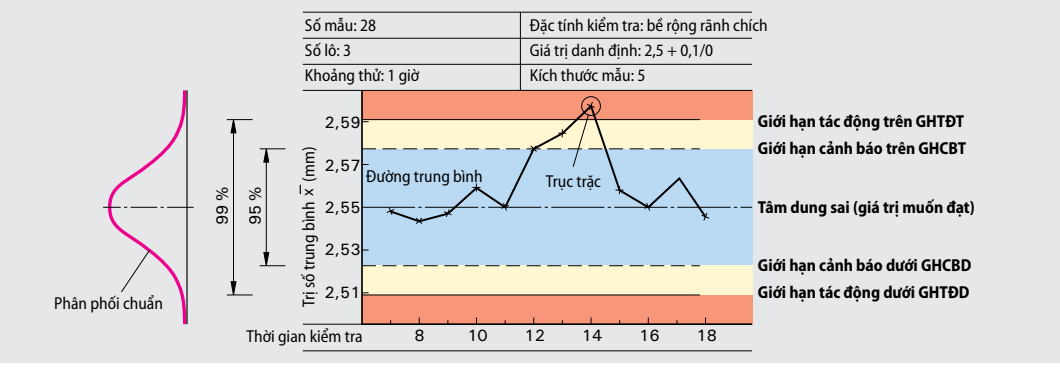
■ Điều chỉnh quy trình bằng thống kê (Statistic Process Control, SPC)

Phương pháp điều chỉnh quy trình bằng thống kê dùng bảng điều chỉnh chất lượng để quan sát và điều chỉnh liên tục quy trình sản xuất. Mục tiêu là nhận định sớm những trục trặc có tính cách hệ thống trong quy trình để can thiệp kịp thời và tránh sai hỏng.

Điều chỉnh quy trình bằng thống kê SPC thường được dùng trong sản xuất hàng loạt với số lượng cao. Mục tiêu là đạt được một quy trình sản xuất có năng lực và điều khiển được. Ta phải tối ưu hóa quy trình sản xuất trước khi đưa vào sản xuất (→ kiểm tra năng lực quy trình) và giám sát liên tục sản xuất bằng cách lấy mẫu. Thường thường người ta lấy mẫu 5 phôi gia công liên tiếp nhau từ dây chuyền sản xuất trong khoảng thời gian đều đặn. Nếu quy trình sản xuất càng ngắn và càng có nhiều trục trặc bao nhiêu thì người ta càng phải lấy mẫu thử nghiệm thường xuyên bấy nhiêu. Khi có trục trặc (sự cố) thì ta phải can thiệp kịp thời để triệt tiêu lỗi sai hỏng cũng như nhanh chóng tiếp tục sản xuất một cách tối ưu với chi phí kiểm tra thấp.

Nếu quy trình sản xuất bị sai lệch hay có trục trặc một cách có hệ thống thì ta có thể nhận thấy ngay qua những thay đổi của những **đặc tính SPC**. Những thông số quan trọng này thường do khách hàng ấn định. Nếu có đặc tính quan trọng nào liên quan đến an toàn thì bắt buộc phải được ghi thành hồ sơ.

■ Cách xây dựng bảng điều chỉnh chất lượng



Hình 1: Bảng điều chỉnh chất lượng cho trị số trung bình (bảng $\bar{x}$) và phân bố của trị số trung bình

Bảng trị số trung bình (**Hình 1, giữa**) là một thí dụ tiêu biểu cho một bảng điều chỉnh chất lượng. Trục x là thời điểm thử nghiệm hay số của mẫu lấy, trục y là thông số chất lượng đang được kiểm tra. Tùy theo loại lấy mẫu mà mỗi điểm của đồ thị là một số đo riêng lẻ hay là một trị số trung bình $\bar{x}$ của một vài mẫu lấy.

Đường gạch chấm ở giữa là **đường trung bình** *(M)*, hiển thị tâm của miền dung sai (giá trị trung bình của kích cỡ) hay trị số đích. **Giới hạn cảnh báo** *(GHCBT, GHCBD)* hay nếu cần, **trị số giới hạn** *(GHD, GHT)*, trong trường hợp cần thiết, được vẽ bằng đường đứt nét. Giới hạn cảnh báo bao gồm 95% những trị số của đặc tính.

Giới hạn tác động *(giới hạn can thiệp) (GHTĐT, GHTĐD)* được vẽ bằng đường liền nét là hai ranh giới bao gồm những trị số cho phép của quy trình. Hai ranh giới này được nhấn mạnh để làm rõ là khi số đo vượt ra ngoài thì ta phải điều chỉnh quy trình ngay, trước khi lỗi xảy ra. Trị số của giới hạn can thiệp được chọn làm sao để 99% số đo của quy trình nằm trong khoảng này. Nếu giới hạn tác động bị vượt qua thì tất cả các vật gia công sản xuất từ lần lấy mẫu lần cuối phải được thử nghiệm 100% để tránh trường hợp là sau khi lấy mẫu máy đã sản xuất phôi gia công có lỗi. Vì thế ta phải ngưng dây chuyền sản xuất để khắc phục nguyên nhân của sự trục trặc.

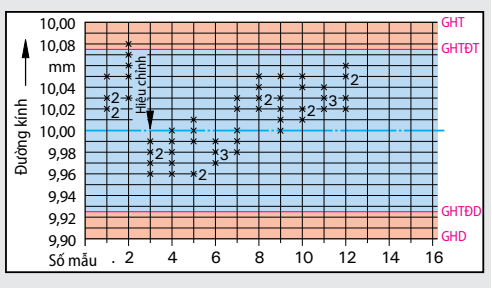
Bảng điều chỉnh chất lượng hiển thị diễn tiến các đặc tính của một tiến trình theo thời gian và cảnh báo khi có trục trặc.

■ Các loại bảng điều chỉnh chất lượng

Có nhiều loại bảng điều chỉnh chất lượng (BĐCCL). Người ta phân biệt BĐCCL cho các đặc tính đếm được, thí dụ bảng thu thập lỗi sai hỏng (**Trang 64**) và BĐCCL cho các đặc tính có thể đo được (liên tục). BĐCCL cho đặc tính đo được lại được chia thành hai loại: BĐCCL giả thiết và BĐCCL quy trình, còn gọi là BĐCCL Shewart, tên của người đã phát minh ra phương pháp này. Giới hạn can thiệp và giới hạn cảnh báo cho BĐCCL giả thiết được tính từ trị số giới hạn của dung sai. Với BĐCCL cho quy trình thì người ta dùng $\hat{\mu}$ và $\hat{\sigma}$, tức là dùng những thông số ước tính cho tổng thể qua cách lấy mẫu (định hướng của quy trình). Dần dần theo thời gian người ta bỏ không dùng giới hạn cảnh báo nữa. Để có thể quan sát vị trí của trị số trung bình và độ phân tán của mỗi quy trình cùng một lúc người ta dùng một BĐCCL có hai lần. Lần trên dùng để kiểm soát vị trí trị số trung bình, lần dưới là dùng cho độ phân tán. Nếu tính bằng tay thì người ta kết hợp thông số $\tilde{x}$ (số trung vị) hay $\bar{x}$ (số trung bình) với R (khoảng biến thiên). Nếu dùng máy vi tính để điều chỉnh chất lượng thì người ta hay dùng bảng $\bar{x}$ – s.

Bảng trị số gốc (Hình 1)

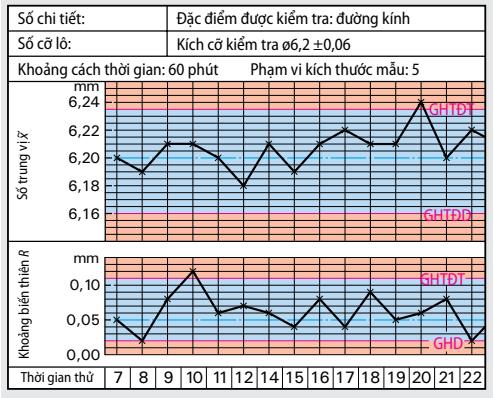
Trong bảng trị số gốc người ta vẽ cho mỗi lần lấy mẫu 5 trị số đo. Nếu một trị số xuất hiện nhiều lần thì người ta ghi chú số lần xảy ra. Khoảng giới hạn tác động được chọn bằng 75% dung sai. Đó là một điều kiện cần thiết để đạt được giá thành thuận lợi cho sản xuất. Bảng trị số gốc được dùng khi chỉ cần điều chỉnh một vài đặc tính, hoặc dùng cho giai đoạn đầu trước khi áp dụng BĐCCL chính quy. Bảng trị số gốc chỉ cần một lần để hiển thị cùng một lúc vị trí và độ phân tán của tiến trình.



Hình 1: Bảng trị số gốc cho D=10mm ± 0,1mm

Bảng khoảng biến thiên của trị số trung vị $\tilde{x}$–R (Hình 2)

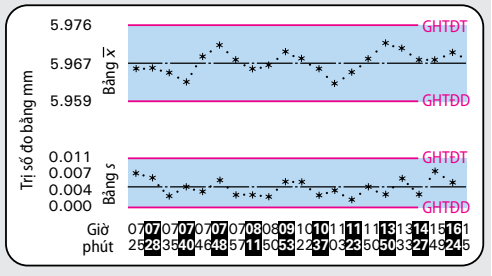
Bảng này dùng hai lần, ở lần trên người ta vẽ điểm trung vị (median) $\tilde{x}$ (hoặc số trung bình $\bar{x}$), thường cho những trường hợp khi kích cỡ mẫu nhỏ và là số lẻ. Ở lần dưới người ta vẽ khoảng biến thiên R. Vì những thông số này rất dễ tính nên phương pháp này được dùng để kiểm soát vị trí và độ phân tán không cần máy tính. Giới hạn tác động của bảng $\tilde{x}$ - R được tính theo những công thức sẵn có. Cách tính dựa trên khoảng phân tán ngẫu nhiên của thông số. Bảng này được dùng trước khi đưa BĐCCL vào sử dụng hay cho những môi trường làm việc khó khăn.



Bảng 2: Bảng khoảng biến thiên của trị số trung vị $\tilde{x}$-R

Bảng sai lệch chuẩn của trị số trung bình $\bar{x}$-s (Hình 3)

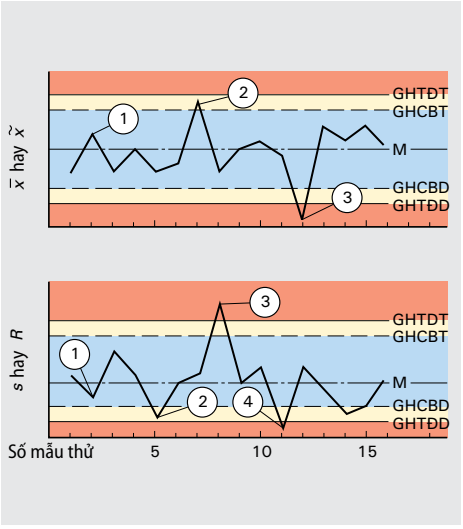
Bảng này cũng có hai lần, ở lần trên người ta vẽ trị trung bình số học $\bar{x}$, ở lần dưới vẽ độ lệch chuẩn s của mỗi lần lấy mẫu. Nếu chưa biết các thông số của quy trình thì ta dùng trị số ước chừng $\hat{\mu}$ và $\hat{\sigma}$. Trị số ước chừng được tính từ giá trị trung bình của thông số những mẫu lấy thử nghiệm và bổ sung thêm một vài hằng số rút ra từ bảng có sẵn. Giới hạn tác động được tính theo những công thức quy định. Bảng $\bar{x}$–s phù hợp với việc ứng dụng máy tính để giám sát vị trí và độ phân tán của các trị số có tính cách nhạy cảm.



Hình 3: Bảng $\bar{x}$-s (sai lệch chuẩn của trị số trung bình)

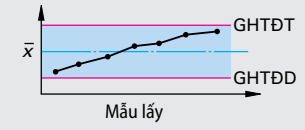
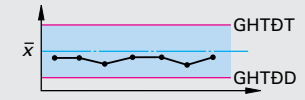
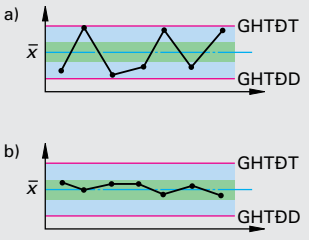
■ Quy tắc đánh giá quy trình sản xuất (Hình 1)

1. Nếu những thông số cho vị trí và độ phân tán của một quy trình sản xuất nằm **trong giới hạn cảnh báo GHCB** thì tiến trình coi như là điều chỉnh được.
2. Nếu có ít nhất một thông số nằm **giữa giới hạn cảnh báo GHCB và giới hạn tác động GHTĐ** thì có nguy cơ là một sự biến đổi có tính cách hệ thống đang xảy ra. Khoảng thời gian thử nghiệm phải được rút ngắn lại.
3. Nếu có một thông số nằm **ngoài giới hạn tác động** thì phải ngưng ngay sản xuất. Những phôi gia công sai hỏng phải được loại ra và nguyên nhân gây ra lỗi phải được khắc phục. (Trong 100 trường hợp thì chỉ có 1 trường hợp chứng tỏ là những biện pháp này không cần thiết.)
4. Nếu khi dùng **bảng *s* hay bảng *R*** mà ***GHTĐD*** (giới hạn tác động dưới) bị **vượt quá** thì độ phân tán của tiến trình đang giảm xuống một cách có hệ thống. Điều này có nghĩa là tiến trình đang trở nên tốt hơn.



Hình 1: Quy tắc đánh giá quy trình

Trong sản xuất có thể xảy ra những diễn tiến đặc biệt (**Hình 2**).

Trục trặc trong tiến trình	Quan sát	Biện pháp
	**Khuynh hướng** 7 trị giá trung bình hay trị giá R tăng hay giảm liền nhau	**Tạm ngưng sản xuất** Tìm nguyên nhân, thí dụ: • Máy bị nóng • Dụng cụ bị hao mòn
	**Đang chạy** 7 số đo liên tiếp nằm trên hoặc dưới đường trung bình	**Tạm ngưng sản xuất** Tìm nguyên nhân, thí dụ: • Dụng cụ bị hao mòn • Đổi vật liệu, thiết bị kiểm tra, hay dung dịch làm nguội và bôi trơn
	**Một phần ba** 2/3 số đo không còn nằm trong khoảng 1/3 ở giữa giới hạn tác động: a. Những số đo nằm quá gần giới hạn tác động b. Những số đo nằm quá gần đường trung bình	**Tìm nguyên nhân, thí dụ** • Vật liệu dùng lấy từ một đợt cung cấp khác • Sự phân tán của số đo • Thay đổi người điều khiển máy • Trộn lẫn vật gia công của nhiều máy khác nhau • Kiểm tra năng lực của máy đo, phương pháp đo và trình độ kỹ thuật của người đo

Hình 2: Những quy trình có diễn tiến đặc biệt

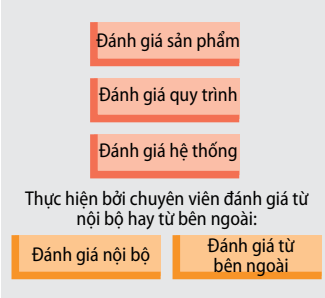
Ôn tập và đào sâu

1. Lấy mẫu ngẫu nhiên có lợi gì so với thử nghiệm 100%?
2. Mục tiêu của điều chỉnh bằng thống kê SPC là gì?
3. Chỉ số năng lực quy trình C_p và C_{pk} bằng nhau thì có nghĩa là gì?
4. Nếu trong khi sản xuất một trị số trung bình vượt qua giới hạn tác động thì phải có biện pháp gì?
5. Bảng điều chỉnh nào thì phù hợp cho cách tính bằng tay? Hãy giải thích tại sao.

2.11 Đánh giá và chứng nhận

■ Đánh giá (Audit)

Khái niệm Audit (đánh giá) xuất phát từ tiếng Latin: audire = nghe. **Đánh giá chất lượng** là một việc kiểm tra có hệ thống và độc lập với mục đích tìm điểm yếu của một tổ chức, gợi ý biện pháp cải tiến và xem xét lại kết quả những biện pháp này. Đánh giá chất lượng được làm theo kế hoạch bởi những *chuyên viên đánh giá* (Auditor) độc lập đã được đào tạo riêng cho công việc này. Kế hoạch đánh giá định nghĩa đánh giá cái gì, bao giờ, như thế nào và ở đâu. Tài liệu cần thiết cho đánh giá có thể là là danh sách những yêu cầu của khách hàng (Bản thông số kỹ thuật), bản vẽ, tiêu chuẩn, kế hoạch thử nghiệm, bảng thu thập lỗi và danh sách kiểm tra. Tùy theo đánh giá cái gì và ai đánh giá mà người ta phân biệt nhiều loại đánh giá (**Hình 1**).



Hình 1: Các loại đánh giá

Đánh giá sản phẩm. Đánh giá sản phẩm có mục đích kiểm tra xem những đặc tính chất lượng có phù hợp với quy định trong bản vẽ và tiêu chuẩn đã dùng cũng như kiểm tra xem những yêu cầu về chất lượng, đặc biệt là những yêu cầu của khách hàng hoặc người đặt hàng về chức năng và sự an toàn, có được thỏa mãn không.

Đánh giá quy trình. Đánh giá quy trình có mục đích tìm cơ hội cải tiến quy trình. Người ta kiểm tra và đánh giá tính ổn định, hiệu năng làm việc và hiệu quả kinh tế của quy trình cũng như sự phù hợp của nó với luật pháp, tiêu chuẩn và lập thành tài liệu của quy trình.

Đánh giá hệ thống. Đánh giá hệ thống là sự đánh giá hiệu năng và khả năng vận hành của toàn bộ hệ thống quản lý chất lượng của một doanh nghiệp để tìm nhược điểm, biện pháp sửa đổi và cải tiến.

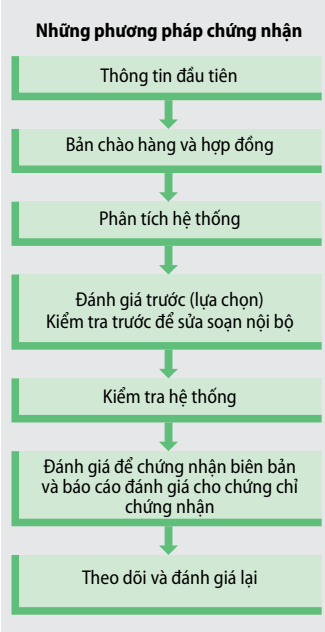
Đánh giá nội bộ và đánh giá từ bên ngoài. **Đánh giá nội bộ** là công cụ của ban điều hành để tự đánh giá năng lực của tổ chức. **Đánh giá từ bên ngoài** phân biệt *đánh giá nhà cung cấp* và *đánh giá để chứng nhận*. Qua việc **đánh giá nhà cung cấp,** các công ty đánh giá nhà cung cấp của họ phần lớn dưới dạng đánh giá quy trình. **Đánh giá để chứng nhận** là đánh giá năng lực và hệ thống điều hành của một công ty.

■ Chứng nhận

Chứng nhận là một quy trình kiểm tra và công nhận hệ thống chất lượng của một công ty bởi một tổ chức có thẩm quyền (**Hình 2**). Trên nguyên tắc việc xin chứng nhận là một chuyện tự nguyện, nhưng ngày nay các công ty thường bị áp lực từ nhiều nơi để xin chứng nhận. Thí dụ một hãng sản xuất xe hơi chỉ được quyền bán xe khi hãng chứng minh được khả năng của mình qua một giấy chứng nhận do cơ quan nhà nước phụ trách về xe hơi cấp phát. Nhiều khách hàng chỉ đặt hàng ở những công ty đã được chứng nhận. Trên thực tế nếu một nhà cung cấp không có một hệ thống quản lý chất lượng đã được chứng nhận (Hình 1, Trang 62) thì không có cơ hội để được khách hàng lớn công nhận cho vào danh sách nhà cung cấp chính.

Sự công nhận được thực hiện theo quy định của các chuẩn quốc tế, thí dụ như bộ chuẩn ISO-9000 hay bộ chuẩn tương đương ISO/TS 16949 của công nghệ ô tô. Sự chứng nhận được thực hiện bởi các tổ chức kiểm tra độc lập thí dụ như DQS (Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen – Cơ quan chứng nhận hệ thống quản lý Đức), TÜV hay DEKRA. Giấy chứng nhận thường có giá trị ba năm. Những điều sau đây được kiểm tra:

- Tài liệu về hệ thống quản lý chất lượng (sổ tay chất lượng, quy định quy trình, phương thức làm việc, phương thức thử nghiệm),
- Sự thực hiện những quy trình làm việc trong thực tế
- Hiệu năng làm việc và hiệu quả kinh tế của quy trình.



Hình 2: Sơ đồ lịch trình của việc chứng nhận

2.12 Cải tiến liên tục quy trình: Nhân viên tối ưu hóa quy trình

Để có thể cạnh tranh trên thị trường các công ty cố gắng đổi mới và cải tiến liên tục để tiếp tục phát triển sản phẩm.

Nghĩa của chữ **Innovation** (Latin innovatio: đổi mới) là một tiến bộ vượt bậc qua một phát minh, một quy trình sản xuất mới hay là một đầu tư lớn vào máy móc và thiết bị mới.

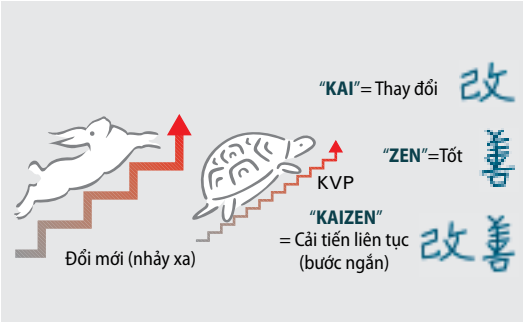
KVP viết tắt của tiếng Đức **Kontinuierlicher Verbesserungsprozess**, tiếng Anh 'Continuous Improvement Process' (CIP) có nghĩa là **Quy Trình Cải Tiến Liên Tục** (**QTCTLT**). Người Nhật, người đã triển khai phương pháp nâng cao chất lượng này và áp dụng nó một cách thành công đặc biệt, gọi nó là **KAIZEN** (**Hình 1**).

> Mục tiêu của Quy trình cải tiến liên tục và KAIZEN là sự nâng cao chất lượng không ngừng và đồng thời làm giảm chi phí.

QTCTLT và KAIZEN nhằm mục đích dùng kết quả của những cố gắng liên tục hàng ngày để cải tiến sản phẩm, quy trình và tổ chức bằng những bước nhỏ. Cách thi hành QTCTLT dựa vào nhân viên cũng như vào nỗ lực làm tối ưu chi tiết của quy tình. Theo triết lý KAIZEN các nỗ lực làm tối ưu phải bắt đầu từ sản xuất. Chỉ có người nào làm việc hàng ngày trong sản xuất mới nhận biết được những điểm yếu của quy trình một cách hiệu quả và biết cách sửa đổi cho tốt hơn. Những vấn đề xảy ra được các thành viên của quy trình giải quyết tại chỗ. QTCTLT là sự sửa đổi không ngừng cách thức làm việc, quy trình làm việc và phương pháp làm việc để cải tiến luồng thông tin và chi tiết gia công với mục đích đạt được chất lượng cao hơn cho sản phẩm và dịch vụ (**Bảng 1**).

QTCTLT và KAIZEN đòi hỏi sự chấp nhận, động viên và đào tạo trong thái độ giải quyết vấn đề, sự thông tin thường xuyên giữa nhân viên cũng như tinh thần làm việc nhóm với cường độ cao. Thành viên của mỗi nhóm, tối đa 10 người nên đến từ nhiều lãnh vực khác nhau của công ty. **Bảng 2** chỉ dẫn những quy tắc cơ bản cho việc thực hành QTCTLT.

Ngoài ra QTCTLT và KAIZEN cũng nhắm vào việc diệt trừ lãng phí. Tất cả những gì không đóng góp vào sự gia tăng giá trị của sản phẩm đều là lãng phí nguồn lực, thí dụ như sửa chữa lại lỗi sai hỏng hay thời gian đợi (**Bảng 3**).



Hình 1: Tiến bộ bằng nhảy xa và bước ngắn

Bảng 1: So sánh Đổi mới – Cải tiến liên tục

Đổi mới (Innovation)	Cải tiến liên tục (KAIZEN)
Thay đổi vượt bậc bằng	Cái tiến liên tục bằng
• Nhảy xa • Đầu tư lớn • Ý tưởng cá nhân • Suy nghĩ hướng về mục tiêu và kết quả • Hướng về công nghệ • Ít chuyên viên	• Bước nhỏ • Thưởng cho nhân viên • Làm việc nhóm • Suy nghĩ hướng về quy trình • Hướng về nhân viên • Kết hợp tất cả nhân viên

Bảng 2: Quy trình thực hành cơ bản của Cải Tiến Liên Tục (CTLT)

- Bỏ những quan điểm bảo thủ
- Đặt câu hỏi về những phương thức đang dùng
- Suy nghĩ có thể làm được gì và đừng suy nghĩ tại sao lại không làm được.
- Một lời giải 50% ngay bây giờ tốt hơn 1 lời giải 100% không bao giờ xảy ra. ('just do it')
- Sửa lỗi ngay lập tức
- Luôn luôn tìm một lời giải tốn ít chi phí.
- Không sợ trở ngại. Trí khôn chỉ xuất hiện khi khó khăn xảy ra.
- Hỏi 5 lần 'tại sao?', hãy tìm nguyên nhân thực sự.
- Một nhóm giải quyết vấn đề tốt hơn một chuyên gia.
- CTLT không ngừng.

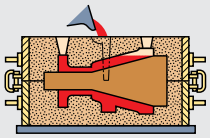
Bảng 3: Các loại lãng phí trong sản xuất

- Sản xuất dư
- Thời gian chờ đợi
- Chuyên chở không cần thiết
- Quy trình sản xuất không tốt
- Dự trữ không cần thiết
- Khuyết điểm về chất lượng và nhu cầu sửa chữa
- Những đoạn đường đi không cần thiết

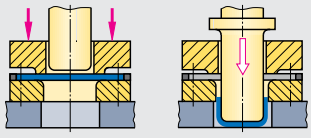
3 Kỹ thuật sản xuất

3.1 An toàn lao động 82
Dấu hiệu an toàn 82
Nguyên nhân gây ra tai nạn 83
Biện pháp an toàn 83

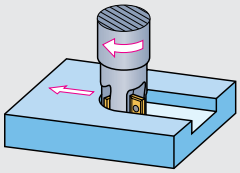
3.2 Phân loại các phương pháp sản xuất 84
Các nhóm chính của phương pháp sản xuất 84
Kết cấu của nhóm chính 84
3.3 Đúc 86
Khuôn và mẫu 86
Đúc khuôn hủy và khuôn vĩnh cửu 87



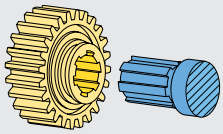
3.4 Phương pháp biến dạng 92
Tính năng của vật liệu trong biến dạng 92
Khái niệm về phương pháp biến dạng 92
Biến dạng uốn, biến dạng nén 93
3.5 Cắt 103
Cắt bằng kéo 103
Cắt bằng tia 108



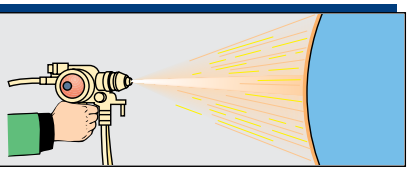
3.6 Gia công cắt gọt có phoi 112
Cơ bản 112
Cưa, khoan 120
Tiện, phay,mài 134
Gia công chính xác 183
Xói mòn (ăn mòn) bằng tia lửa điện 189
Đồ gá và cơ cấu kẹp 193
Thí dụ về chế tạo đài kẹp 200



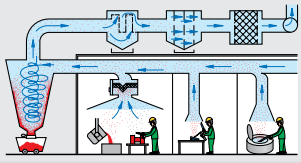
3.7 Ghép nối (kết nối) 204
Đại cương 204
Kết nối ép và kết nối cắm 207
Dán 209
Hàn vảy 211
Hàn 217



3.8 Phủ lớp 230
Phủ lớp với sơn và chất dẻo 230
Phủ lớp với kim loại 232
Phủ lớp với các tính chất đặc biệt 233



3.9 Cơ sở sản xuất và bảo vệ môi trường 234
Xử lý ở gia công cắt có phoi 234
Làm sạch chi tiết 235
Lọc gió 235
Xử lý chất thải và chất độc hại 236



3 Kỹ thuật sản xuất

3.1 An toàn lao động

Để đảm bảo an toàn lao động và tránh tai nạn xảy ra cho công nhân, mỗi ngành nghề có những quy định phòng ngừa tai nạn phải tuân thủ do hiệp hội bảo hiểm tai nạn và bệnh nghề nghiệp ban hành cho mọi công ty (**Hình 1**). Mọi nhân viên trong công ty phải lưu ý chính xác những quy định này. Làm việc một cách an toàn để tránh tai nạn là điều có thể học được. Cách làm việc không để ý đến an toàn lao động có thể gây ra bệnh tật, nguy hiểm cho cơ thể hoặc thiệt hại vật chất. Ai vi phạm những quy định phòng ngừa tai nạn nghề nghiệp trước hết gây nguy hiểm cho chính mình và sau đó cho đồng nghiệp cũng như gây thiệt hại cho máy móc và thiết bị của xí nghiệp.

Các biện pháp tránh tai nạn nghề nghiệp có mục đích bảo vệ công nhân và máy móc để phòng ngừa thiệt hại xảy ra.

Hình 1: Những logo của hiệp hội nghề nghiệp

3.1.1 Dấu hiệu an toàn

Để đánh dấu một khu vực làm việc người ta dùng những loại dấu hiệu khác nhau.

■ Dấu hiệu chỉ dẫn

Dấu hiệu chỉ dẫn có hình tròn nền xanh với hình vẽ trắng hiển thị biện pháp phòng ngừa cần thi hành (**Hình 2**). Những dấu hiệu này quy định cách làm việc bắt buộc phải tuân theo. Thí dụ như ai làm việc ở một máy mài thì bắt buộc phải đeo kính bảo vệ mắt.

■ Dấu hiệu cấm

Dấu hiệu này cũng có hình tròn nhưng nền trắng với hình vẽ màu đen hiển thị việc cấm làm (**Hình 3**). Người ta nhận biết biển cấm có viền đỏ và một gạch chéo màu đỏ. Thí dụ một chất lỏng hoặc khí có khả năng cháy cũng như khi trộn với những bụi nhỏ phân tán đều trong không khí có thể gây ra một hỗn hợp nổ. Những phòng làm việc chứa hoặc dùng xăng, acetylen hay bụi gỗ được coi là nguy hiểm có thể cháy nổ. Những phòng này phải treo bảng cấm đốt lửa, ánh sáng trực tiếp hoặc hút thuốc.

■ Dấu hiệu cảnh báo

Dấu hiệu cảnh báo có hình tam giác nền vàng mũi hướng lên trên với hình vẽ màu đen (**Hình 1, Trang 83**). Thí dụ người ta phải treo bảng cảnh báo ở những nơi chứa chất độc hoặc chất ăn mòn để hướng dẫn rằng chỉ được xử lý những chất này một cách rất thận trọng với những biện pháp phòng ngừa an toàn tương ứng.

■ Dấu hiệu cấp cứu

Dấu hiệu cấp cứu có hình vuông hay hình chữ nhật, nền xanh lá cây với hình vẽ màu trắng (**Hình 2, Trang 83**). Những dấu hiệu này được dùng để chỉ đường cấp cứu hay nơi dễ nhận thấy để hộp cứu thương hoặc băng ca chở người bị thương.

Để gia tăng an toàn lao động người ta treo ở chỗ làm những dấu hiệu chỉ dẫn, dấu hiệu cấm, dấu hiệu cảnh báo và dấu hiệu cấp cứu.

Hình 2: Dấu hiệu chỉ dẫn

Hình 3: Dấu hiệu cấm

3.1.2 Nguyên nhân gây ra tai nạn

Tai nạn xảy ra vì sự không đáp ứng của con người, vì thiếu kiến thức về những mối nguy hiểm và bất cẩn cũng như không đáp ứng của kỹ thuật.

Sự không đáp ứng của con người là không thể hoàn toàn tránh khỏi cho dù nhân viên được huấn luyện kỹ lưỡng. Qua việc dùng những thiết bị an toàn, thí dụ như rào cản, người ta có thể giới hạn được hậu quả tai nạn trong phạm vi nhỏ.

Sự sai lầm kỹ thuật có thể xảy ra vì vật liệu bị mòn mỏi hay bị dùng quá tải mà không tiên liệu được. Nhưng ngay trong những trường hợp máy bị hư hỏng, thí dụ như khi lực kẹp hay thiết bị kẹp chi tiết gia công bị giảm sút, thì máy không được phép khởi động cũng như phải tự động tắt.

3.1.3 Biện pháp an toàn

Người ta phải tránh tai nạn bằng những biện pháp bảo vệ an toàn, bao gồm những biện pháp loại trừ nguyên nhân gây ra tai nạn, che chắn và đánh dấu khu vực nguy hiểm, cũng như ngăn chặn không để nguy hiểm xảy ra:

■ Nguy hiểm phải được loại trừ

Khi máy móc trục trặc phải báo ngay cho nhân viên chịu trách nhiệm biết.

Phải giữ thông thoát đường xe chạy và đường cấp cứu.

Không được để dụng cụ nhọn hay sắc trong túi quần áo.

Không được đeo đồ trang sức, đồng hồ và nhẫn khi làm việc.

■ Khu vực nguy hiểm phải được rào cản và đánh dấu

Không được phép mang thiết bị bảo vệ, bảng chỉ dẫn và trang bị bảo vệ an toàn ra chỗ khác.

Phải đậy kín các máy truyền động bánh răng, truyền động đai và truyền động xích.

Phải đánh dấu và lưu trữ một cách an toàn các bình chứa chất dễ cháy, chất dễ nổ, chất ăn mòn hay chất độc.

■ Nguy cơ gây nguy hiểm phải được ngăn chặn

Phải mặc quần áo bảo hộ để chống tia lửa bắn ra, hơi nóng, tiếng động và tia bức xạ.

Dùng kính bảo hộ, kính chắn, nắp chụp bảo vệ và vỏ che để tránh nguy hiểm cho mặt và mắt.

Cho máy móc và thiết bị làm việc điện người ta phải dùng những biện pháp bảo hộ đặc biệt (Trang 577).

> Tất cả mọi công nhân phải cùng suy nghĩ, cùng quan tâm, cùng tham gia thực hiện các biện pháp an toàn bảo vệ máy móc, thiết bị, quy trình sản xuất, trước hết là bảo vệ sức khỏe và tính mạng của công nhân.

Hình 1: Dấu hiệu cảnh báo

Hình 2: Dấu hiệu cấp cứu

Ôn tập và đào sâu

1. Người ta phân biệt những loại dấu hiệu an toàn nào?
2. Người ta dùng biện pháp nào để bảo vệ mặt và mắt?
3. Những nguyên nhân nào có thể gây ra tai nạn?
4. Biện pháp bảo vệ cho thiết bị điện là gì?

3.2 Phân loại các phương pháp sản xuất

Các phương pháp sản xuất thủ công hay công nghiệp được phân loại tùy theo dạng của phôi gia công được tạo ra, thay đổi hay giữ nguyên. Nếu lưu ý đến kết cấu của vật liệu lúc gia công mới được tạo ra, giữ nguyên, giảm đi hoặc lớn ra, người ta chia những phương pháp sản xuất ra thành sáu nhóm chính (**Hình 1**)

Hình dạng của chi tiết qua các phương pháp gia công được					
tạo ra	thay đổi			giữ nguyên dạng	
Dạng thô (đổ khuôn) (Nhóm chính 1)	**Tạo dạng** (Nhóm chính 2)	**Cắt đứt** (Nhóm chính 3)	**Đắp, lắp, ghép** (Nhóm chính 4)	**Phủ lớp** (Nhóm chính 5)	**Thay đổi tính chất của vật liệu** (Nhóm chính 6)
Sự kết hợp của nguyên vật liệu qua các phương pháp được					
tạo ra	giữ nguyên trạng	nhỏ lại	lớn ra		giữ nguyên trạng, nhỏ lại hay lớn ra

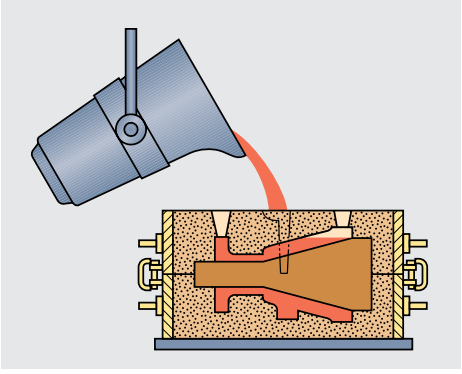
Hình 1: Các nhóm chính của phương pháp sản xuất

Phương pháp sản xuất của từng nhóm chính

■ Tạo dạng nguyên mẫu

Chi tiết được tạo ra từ chất không có hình dạng (**Hình 2**). Kết cấu của vật liệu được phát sinh trong quá trình sản xuất.

Trạng thái ban đầu	**Phương pháp** (thí dụ)
• Dạng lỏng • Dạng dẻo, dặc sệt • Dạng hạt, bột • Ion hóa	Đúc Đùn ép Thiêu kết Đúc điện

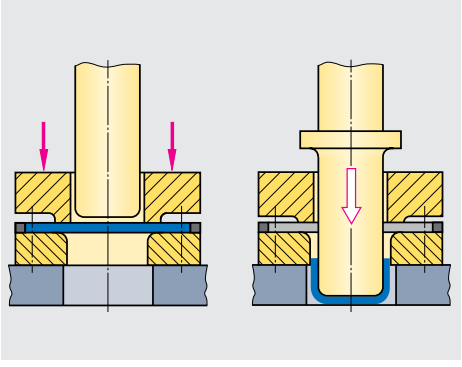


Hình 2: Sự tạo dạng nguyên mẫu (Đúc)

■ Biến dạng

Hình dạng của một chi tiết ở thể rắn hay bán thành phẩm được thay đổi qua biến dạng dẻo (**Hình 3**). Cấu trúc *(gắn kết)* của vật liệu được giữ nguyên.

Quá trình	**Các phương pháp** (thí dụ)
• Biến dạng nén • Biến dạng kéo nén • Biến dạng kéo • Biến dạng uốn • Biến dạng trượt	Cán, dập khuôn Ép vuốt sâu Kéo dài, làm rộng Bẻ cạnh, dập chấn cạnh Quấn một lò xo nén



Hình 3: Sự biến dạng (Ép vuốt sâu)

■ Cắt đứt (Cắt gọt loại bỏ phoi)

Bằng phương pháp cắt đứt, chi tiết được gia công từ phôi thô (**Hình 1**). Dạng phôi qua đó được thay đổi và kết cấu của vật liệu trong phạm vi gia công được lấy ra.

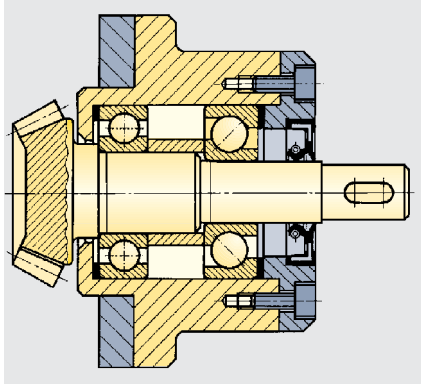
Quá trình	Các phương pháp (thí dụ)
• Tách ra	Cắt bằng kéo, cắt bằng tia
• Cắt gọt có phoi	Phay, mài
• Sự ăn xói mòn	Ăn mòn bằng tia lửa điện
• Tháo rời	Vặn tháo ra

Hình 1: Cắt đứt (Phay)

■ Ghép

Qua lắp ghép hai hoặc nhiều chi tiết kết nối với nhau dưới dạng tháo rời hay không tháo rời được (**Hình 2**).

Quá trình	Các phương pháp (thí dụ)
• Ghép vào	Kết nối bằng ốc vít
• Ép vào	Lắp ráp ổ bi
• Hàn	Hàn với khí bảo vệ (khí trơ)
• Hàn vảy	Hàn vảy cứng, hàn vảy mềm
• Dán	Dán bằng keo phản ứng hóa học (Keo nhiều thành phần)

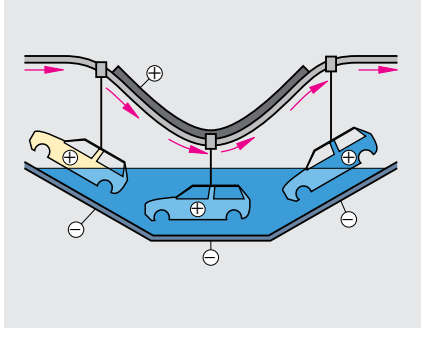


Hình 2: Ghép (Ghép bằng vít)

■ Phủ lớp

Qua phương pháp phủ, vật liệu không định hình được dùng làm lớp phủ dính chặt vào chi tiết (**Hình 3**).

Trạng thái vật liệu	Các phương pháp (thí dụ)
• Thể khí, dạng hơi	Sự kết tủa bốc hơi
• Thể lỏng, dạng sệt	Sơn phủ
• Ion hóa	Xi, mạ
• Thể rắn, dạng hạt	Phun nhiệt

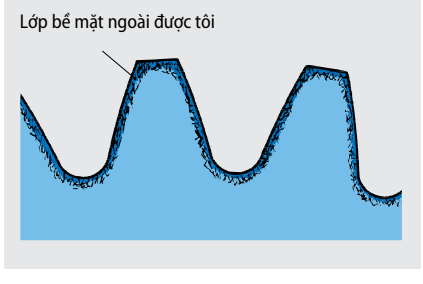


Hình 3: Phủ lớp (Sơn nhúng tĩnh điện)

■ Thay đổi tính chất vật liệu

Qua chuyển đổi kết cấu, loại ra hay đưa vào hạt vật liệu nhỏ thì tính chất của vật liệu thay đổi (**Hình 4**).

Quá trình	Các phương pháp (thí dụ)
• Chuyển đổi kết cấu vật liệu	Tôi, ủ
• Loại ra (phân, tách)	Khử cạc bon
• Đưa vào (bổ sung)	Thấm than, thấm ni tơ



Hình 4: Thay đổi tính chất của vật liệu (Tôi)

Ôn tập và đào sâu

1. Nhóm chính nào được phân loại trong quá trình gia công sản xuất?
2. Mô tả một phương pháp của một nhóm chính.

3.3 Đúc

Các chi tiết sẽ được chế tạo bằng phương pháp đúc nếu không thể chế tạo bằng các phương pháp khác, hoặc tuy được nhưng không kinh tế, hoặc vì cần phải tận dụng những đặc tính riêng của vật liệu đúc, thí dụ như đặc tính trượt (**Hình 1**).

Hình 1: Thân máy của một động cơ diesel V8

3.3.1 Khuôn và mẫu:

■ Khuôn

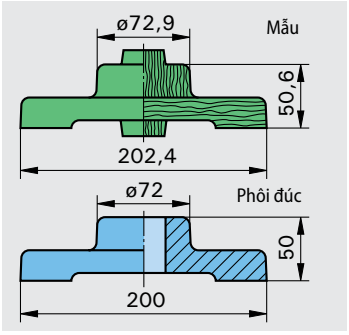
Có hai phương pháp tạo khuôn: khuôn hủy là loại khuôn chỉ sử dụng một lần rồi hủy và khuôn vĩnh cửu (**Bảng 2**).

Khuôn hủy có nghĩa là khi lấy vật đúc ra khuôn sẽ bị hủy. Loại khuôn này thường được tạo bằng cát thạch anh và chất kết dính.

Khuôn vĩnh cửu được dùng để đúc các kim loại không phải sắt thép (kim loại màu, kim loại nhẹ) với số lượng nhiều. Khuôn được chế tạo bằng vật liệu thép hoặc hợp kim gang đúc.

■ Mẫu

Để chế tạo khuôn hủy người ta phải sử dụng **mẫu**. Để chế tạo vật mẫu cần phải có bản vẽ của chi tiết (Hình 1.1 trang 87). Vì phôi đúc sẽ co lại khi nguội cho nên kích thước mẫu phải lớn hơn kích thước của chi tiết thành phẩm tương đương với độ co ngót của sản phẩm (**Hình 2**). Ngoài ra người ta còn phải tính thêm vào bề mặt được gia công của mẫu phần lượng dư gia công.



Hình 2: Kích thước mẫu cho một phôi đúc bằng hợp kim nhôm

Độ co rút (Độ co ngót) tùy thuộc vào từng vật liệu đúc khác nhau, vào khoảng 2% kích thước vật mẫu (**Bảng 1**).

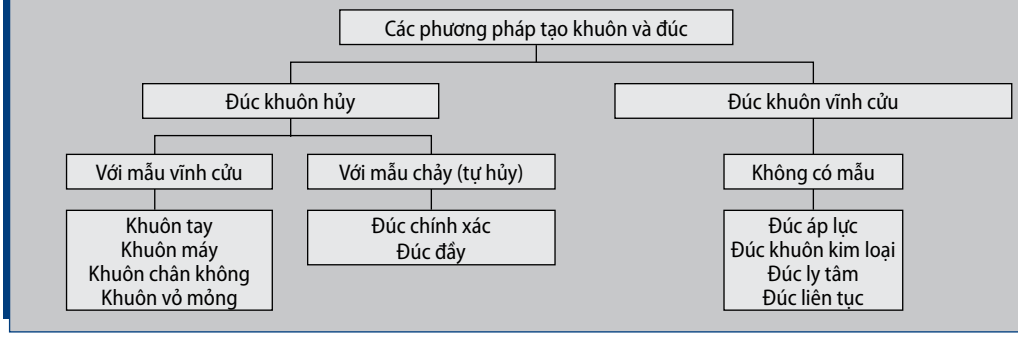
Bảng 1: Độ co rút

Nguyên liệu đúc	Độ co rút (%)
Gang đúc (EN-GJL)	1,0
Thép đúc	2,0
Hợp kim Al (nhôm) và hợp kim Mg (ma-nhê)	1,2

Về vật mẫu cũng có 2 loại, **mẫu vĩnh cửu** và **mẫu chảy** (mẫu tự hủy). Mẫu vĩnh cửu là mẫu được dùng lại nhiều lần để tạo khuôn đúc. Mẫu chảy nằm lại trong lòng khuôn, khi rót kim loại lỏng vào khuôn mẫu chảy sẽ tự hủy (Trang 89).

Để tạo phần rỗng và mặt sau bị xén trong vật đúc người ta sử dụng **lõi** (thao). Lõi cát được chế tạo bằng hộp lõi (Hình 1.3, trang 87). Lõi phải có **tai gối** (đầu gác thao) để vật mẫu nằm đúng vị trí trong lòng khuôn (Hình 1.2 và 1.7, trang 87).

Bảng 2: Tổng quan về các phương pháp tạo khuôn và phương pháp đúc



3.3.2 Đúc khuôn hủy

3.3.2.1 Phương pháp tạo khuôn đúc với mẫu vĩnh cửu

Có nhiều cách tạo khuôn đúc với mẫu bền: khuôn nện dùng tay (thủ công), khuôn nện dùng máy, khuôn chân không và khuôn vỏ mỏng (khuôn mặt nạ).

■ Khuôn tay và khuôn máy

Khi tạo khuôn cho vật mẫu có thể dùng hòm khuôn từ hai hoặc nhiều phần (**Hình 1**). Việc **tạo khuôn bằng tay** (thủ công) áp dụng với vật đúc kích thước lớn hoặc số lượng sản phẩm nhỏ.

Đối với vật mẫu gồm hai nửa (hai phần) thì một nửa được đặt vào **hộp khuôn dưới**. Vật liệu điền đầy (cát) được nén chặt (dẽ) bằng tay (Hình 1.5). Hộp khuôn nửa trên được đặt úp lên khuôn bên dưới (đã được lật ngửa) vào đúng vị trí của các chốt định vị. Sau đó đặt nửa mẫu trên vào, đổ cát tạo khuôn lên và nện chặt (Hình 1.6). Sau khi tách dỡ hai nửa khuôn riêng ra đến lượt dùng dụng cụ cắt, xẻ các rãnh cho hệ thống dẫn gồm **máng dẫn** (**culê**) và **đậu dẫn**. Sau đó lấy mẫu ra và đặt lõi vào. Để tránh sức đẩy lên trên của kim loại lỏng, hai nửa khuôn đúc trên và dưới phải được kẹp nối với nhau hoặc dùng vật nặng đè lên trên (Hình 1.7).

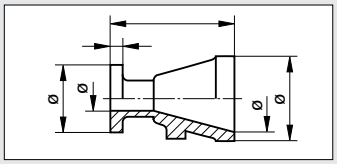
Kim loại lỏng được rót đầy vào lòng khuôn qua đậu rót, khí trong khuôn thoát ra ngoài qua các đậu ngót. Kim loại lỏng trong các đậu ngót sẽ bù đắp phần co lại của vật đúc trong lòng khuôn, tránh được lỗi bọt khí (rỗ khí, rỗ co) do sự co rút.

Các ứng dụng: Đúc cánh quạt tuốc-bin cho nhà máy thủy điện và bàn giá kê cho trung tâm gia công.

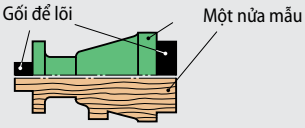
Trong trường hợp **tạo khuôn máy**, các công đoạn cũng giống như tạo khuôn bằng tay, máy móc được dùng để nén vật liệu làm khuôn (cát) và để lấy mẫu ra khỏi lòng khuôn. Ngoài ra đối với các thiết bị hoàn toàn tự động còn có thêm khâu đúc/rót và lấy vật đúc (chi tiết đúc) ra khỏi khuôn sau khi đông đặc, rút ngắn thời gian sản xuất. Tuy nhiên tạo khuôn máy chỉ bắt đầu có hiệu quả kinh tế với số lượng từ trung bình trở lên.

> Vật đúc của khuôn đúc máy có độ chính xác cao hơn khuôn tay và độ nhẵn bề mặt cũng tốt hơn.

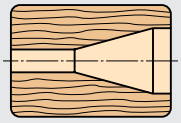
Các ứng dụng: Đúc trục khuỷu cho ô tô.



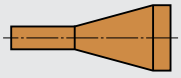
1.1: Bảng vẽ vật đúc (chi tiết)



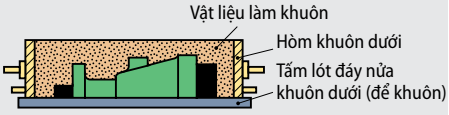
1.2: Mẫu (2 phần)



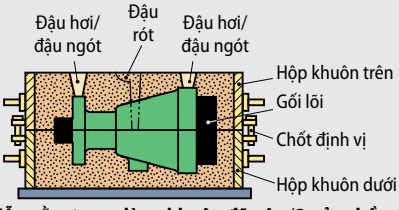
1.3: Hộp lõi (2 nửa)



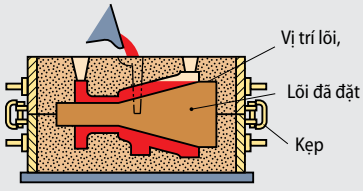
1.4: Lõi thành hình



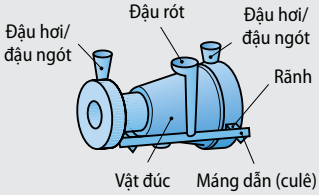
1.5: Nửa mẫu nằm trong lòng khuôn đã nện (nửa dưới, chưa lật ngửa)



1.6: Mẫu nằm trong lòng khuôn đã nện (2 nửa chồng lên nhau)



1.7: Đổ khuôn (Rót kim loại lỏng vào khuôn)



1.8: Chi tiết đúc thành hình

Hình 1: Quy trình chế tạo một vật đúc với mẫu vĩnh cửu

■ Khuôn chân không

Để tạo khuôn chân không người ta dùng cát không có chất kết dính. Hai nửa vật mẫu có những lỗ khoan nhỏ thông với thùng rỗng của hộp khuôn chân không (**Hình 1.1**). Một tấm màng co (plastic mỏng) được phủ trùm lên vật mẫu. Dưới sức nóng của hộp sưởi điện bên trên và do sức hút chân không từ mặt dưới, tấm màng co biến dạng theo hình thù của vật mẫu (Hình 1.1). Qua sự rung đều của bộ khuôn, cát trong khuôn dồn sít lại. Sau đó người ta phủ lên trên một tấm màng co thứ hai và dưới sức hút chân không cát trong lòng khuôn bị nén chặt (Hình 1.2). Khi tắt máy hút chân không (của hộp ngang bên dưới) ta có thể tách khuôn đúc ra khỏi mẫu (Hình 1.3).

Sau khi tạo xong nửa kia của khuôn, hai nửa trên dưới được chập lại với nhau, gài chắc và đúc, trong khi đó vẫn giữ toàn bộ hộp khuôn trong tình trạng bị hút chân không – áp suất âm – (Hình 1.4). Qua đây tấm màng co sẽ bị bốc hơi.

> Ở hộp khuôn chân không, phần rỗng của lòng khuôn được giữ trong tình trạng chân không (dưới áp lực âm)

Sau khi vật đúc đã đông đặc lại (kết tinh), tắt máy hút chân không, vật đúc (và cát nén) tự động rơi ra khỏi khuôn (Hình 1.5). Cát làm khuôn có thể sử dụng lại.

Các ứng dụng: Đúc bệ (bàn) máy công cụ và tấm thành khung hai bên của máy in.

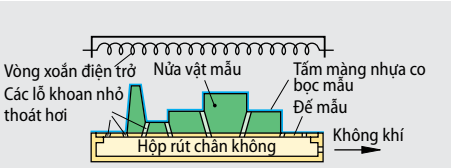
■ Khuôn vỏ mỏng (khuôn mặt nạ, khuôn cát nhựa)

Khuôn vỏ mỏng là loại hộp khuôn và lòng khuôn chỉ dày khoảng vài milimét, làm bằng hỗn hợp cát thạch anh mịn và chất nhựa phenol (phenolic resin). Muốn tạo khuôn và lõi, người ta đổ hỗn hợp cát + nhựa phenol vào nửa mẫu đã được nung nóng. Sau khoảng 20-40 giây nhựa phenol đông cứng lại tạo nên một lớp vỏ mỏng độ 8-12 mm, vậy là khuôn mỏng đã hoàn thành (**Hình 2.1**). Khuôn mỏng sau khi tách ra khỏi thiết bị tạo mẫu ở nhiệt độ 550^{0}C sẽ trở nên cứng lại. Lõi cũng được chế tạo với quy trình như vậy.

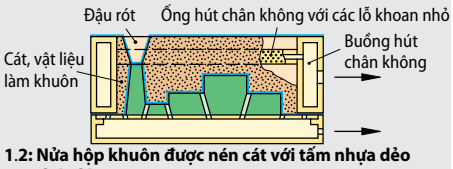
Hai nửa khuôn mỏng dán lại với nhau thành ra một khuôn đúc hoàn chỉnh, được đặt trên nền cát và có thể đúc được sản phẩm (**Hình 2.2**).

> Bề mặt của các sản phẩm đúc từ khuôn vỏ mỏng có độ bóng bề mặt và độ chính xác cao.

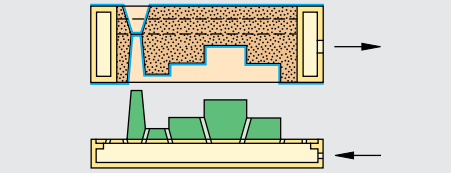
Các ứng dụng: Đúc cánh tua-bin của tua-bô nạp khí thải và nắp quy-lát (đầu xylanh) của các động cơ xe hơi.



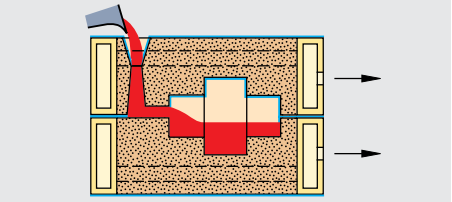
1.1: Hộp khuôn chân không với tấm lót đáy mẫu và tấm nhựa dẻo bọc mẫu



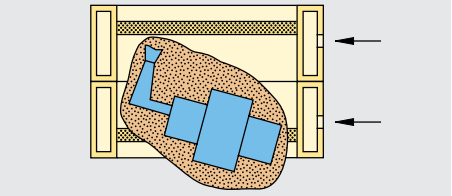
1.2: Nửa hộp khuôn được nén cát với tấm nhựa dẻo thứ nhì



1.3: Nửa hộp khuôn trên tách rời vật mẫu

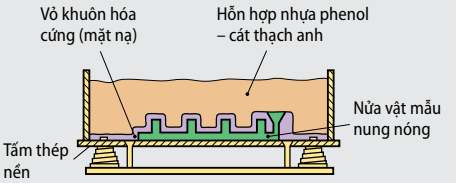


1.4: Hai nửa hộp khuôn ghép lại với nhau

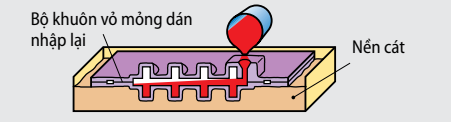


1.5: Chi tiết đúc thành hình

Hình 1: Các khâu chế tạo khuôn chân không



2.1: Tạo khuôn vỏ mỏng.



2.2: Rót khuôn

Hình 2: Khuôn đúc vỏ mỏng (khuôn mặt nạ)

3.3.2.2 Phương pháp tạo khuôn cho mẫu hủy

Phương pháp này dùng để đúc chính xác và đúc "nguyên khối".

■ Đúc chính xác (Mẫu tự hủy)

Để đúc các sản phẩm tinh vi người ta sử dụng mẫu bằng vật liệu có độ nóng chảy thấp như sáp hay chất nhựa (**Hình 1.1**). Nhiều vật mẫu được xếp đặt chung với nhau thành một chùm dính với nhau có chung một đậu rót và rãnh chảy (**Hình 1.2**). Qua nhiều lần nhúng vào một dung dịch gốm sứ sệt, nhão (đất sét nhão) và sau đó được rắc lên một lớp bột gốm sứ khô (**Hình 1.3 – 1.5**), chùm mẫu có một lớp áo bằng gốm sứ có độ bền nhiệt cao sau khi được sấy khô. Lớp áo gốm sứ này sẽ trở thành khuôn đúc. Khi toàn bộ khuôn bị nung (ở nhiệt độ cao), mẫu sáp bị nóng chảy và đổ ra ngoài (**Hình 1.6**). Kế tiếp bộ khuôn được nung ở nhiệt độ khoảng 1000^{0}C để có độ rắn chắc cần thiết. Phần mẫu sáp / nhựa còn sót lại trong lòng khuôn sẽ bị thiêu hủy. Đối với loại khuôn mỏng phải đúc ở nhiệt độ cao khi khuôn còn nóng (**Hình 1.7**).

> Do nhiệt độ của khuôn đúc cao nên có thể đúc các chi tiết phức tạp, tinh vi cũng như các sản phẩm đúc bằng thép hợp kim có bề mặt rộng nhưng bề dày mỏng và tiết diện (mặt cắt) nhỏ. Sản phẩm đúc có đặc điểm: chất lượng bề mặt cao và kích thước chính xác.

Sau khi kim loại đã đông đặc người ta phải bỏ lớp vỏ áo, sau đó cắt rời từng sản phẩm khỏi hệ ống rót và máng dẫn (**Hình 1.8**).

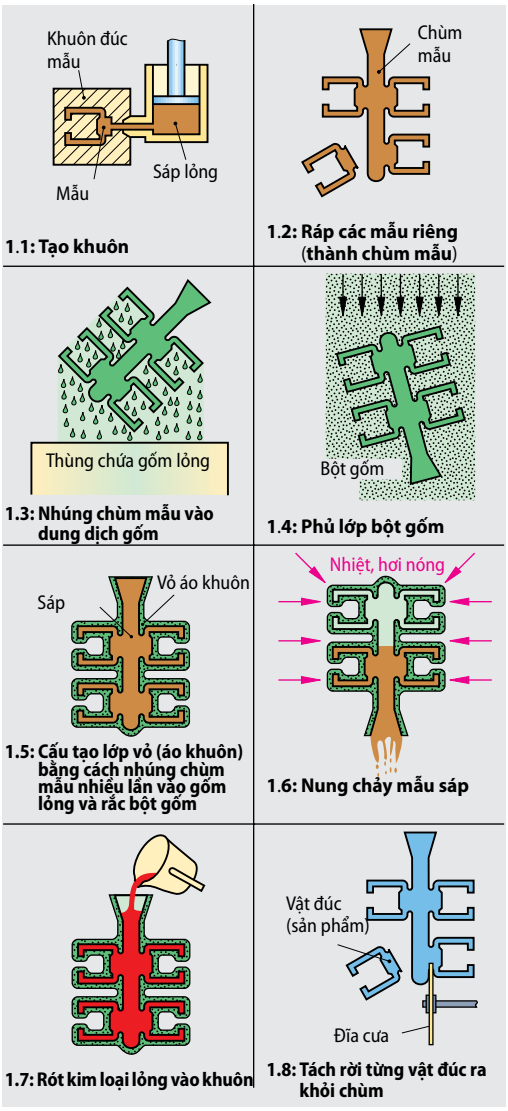
Các ứng dụng: Đúc cánh tua-bin khí và bánh cánh quạt tua-bin của tua-bô vận hành bằng khí thải.

■ Đúc khuôn nguyên thể (khuôn đúc đầy)

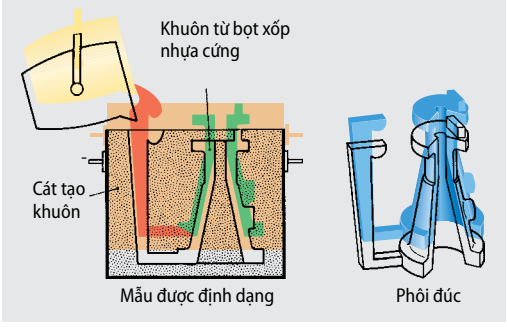
Để đúc khuôn nguyên thể người ta tạo vật mẫu bằng mốp (bọt xốp) cứng nhựa dẻo (nhựa bọt biển cứng) và cát để tạo khuôn đúc (**Hình 2**). Mẫu bằng nhựa xốp nằm luôn bên trong khuôn. Khi rót kim loại nóng vào, nhựa sẽ cháy tiêu hoặc hóa khí rồi thoát ra ngoài qua lỗ thoát khí. Thời gian chế tạo và giá thành của vật mẫu bằng nhựa xốp cứng rẻ hơn mẫu bằng gỗ.

> Kỹ thuật đúc khuôn nguyên thể thích hợp đặc biệt cho việc chế tạo sản phẩm đơn chiếc hoặc hàng mẫu.

Các ứng dụng: Đúc bệ nền của máy công cụ và bệ quay của máy tiện carusen (máy tiện rovonve đứng) lớn.



Hình 1: Đúc chính xác



Hình 2: Đúc đầy

3.3.3 Đúc khuôn vĩnh cửu

Phương pháp đúc khuôn vĩnh cửu gồm có: Đúc áp lực, đúc khuôn kim loại, đúc ly tâm và đúc liên tục.

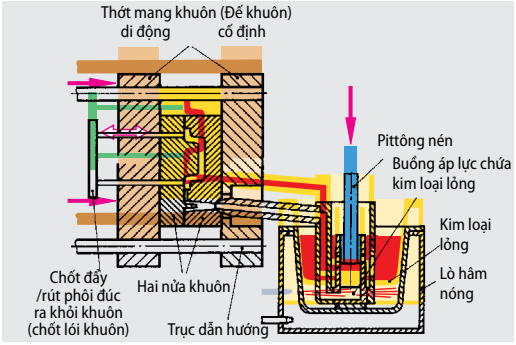
■ Đúc áp lực

Đúc áp lực là phương pháp đúc dùng áp suất cao để nén kim loại lỏng với tốc độ cao vào lòng khuôn một hay nhiều mảnh (phần) đã được hâm nóng trước. Dưới áp suất cao, độ điền đầy lòng khuôn được bảo đảm nên có thể đúc những sản phẩm có bề dày nhỏ.

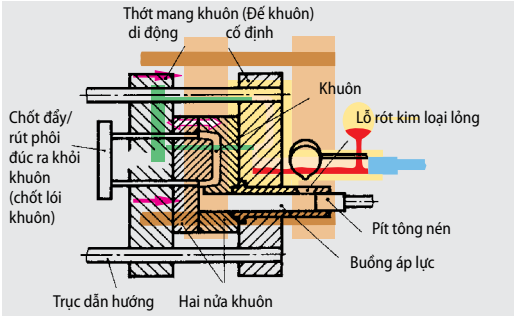
Đối với **phương pháp buồng nóng** thì buồng áp lực nằm trong bể kim loại lỏng (**Hình 1**). Phương pháp này dùng để đúc kim loại/vật liệu có độ nóng chảy thấp và các kim loại không ăn mòn pittông nén và buồng nén (**Bảng 1**).

Đối với **phương pháp buồng nguội** thì người ta dùng vót múc rót kim loại lỏng vào buồng áp lực (**Hình 2**). Phương pháp này được dùng để đúc vật liệu có độ nóng chảy cao và những loại vật liệu ăn mòn mạnh vào pittông nén và buồng nén (Bảng 1).

Các ứng dụng: Đúc vỏ động cơ (thân máy) và hộp vỏ trục khuỷu của động cơ xe hơi.



Hình 1: Đúc áp lực với buồng nóng



Hình 2: Đúc áp lực với buồng nguội

Bảng 1: Ứng dụng; ưu và nhược điểm các phương pháp làm khuôn và phương pháp đúc

Phương pháp	Áp dụng ưu tiên cho	Ưu và nhược điểm	Vật liệu đúc thường được sử dụng	Độ chính xác tương đối đạt được của kích thước (mm/mm)[1)]	Độ nhấp nhô có thể đạt được (µm)
Làm khuôn bằng tay	Vật đúc rất lớn	Có thể sản xuất mọi kích cỡ; giá cao; độ chính xác và chất lượng bề mặt thấp.	EN-GJL, EN-GJS, GS, GT, EN AC, G-Cu	0,00... 0,10	40... 320
Làm khuôn bằng máy	Vật đúc nhỏ đến vừa; số lượng vừa	Độ chính xác cao, phẩm chất bề mặt tốt; kích cỡ của vật đúc bị giới hạn	EN-GJL, EN-GJS, GS, GT, EN AC	0,00... 0,06	20... 160
Khuôn chân không	Vật đúc vừa đến lớn; đơn lẻ và hàng loạt.	Chỉ kinh tế với vật đúc lớn, độ chính xác và phẩm chất bế mặt tốt; vốn đầu tư cao	EN-GJL, EN-GJS, GS, EN AC, G-Cu	0,00... 0,08	40... 160
Khuôn vỏ mỏng	Vật đúc nhỏ, số lượng lớn	Kích cỡ chính xác, phẩm chất bề mặt tốt, ít hao tốn vật liệu khuôn, thiết bị chế khuôn đắt tiền, giá vật liệu làm khuôn cao.	EN-GJL, GS, EN AC, G-Cu	0,00... 0,06	20... 160
Đúc chính xác	Chỉ dùng cho vật đúc nhỏ; số lượng lớn	Vật đúc phức tạp có bề dày mỏng, kích cỡ chính xác, phẩm chất bề mặt cao.	GS, EN-AC	0,00... 0,04	10... 80
Đúc áp lực	Vật đúc nhỏ đến vừa; số lượng lớn	Vật đúc phức tạp có vỏ mỏng, chính xác, phẩm chất bề mặt cao; cấu tạo tinh thể hạt nhỏ, độ bền nén cao; chỉ kinh tế với số lượng lớn.	Phương pháp buồng nóng: G-Zn, G-Pb, G-Sn, G-Mg; Phương pháp buồng nguội: G-Cu, EN AC	0,00... 0,04	10... 40

[1)] Độ chính xác tương đối là tỉ lệ giữa các kích thước thật sự với độ sai lệch cho phép lớn nhất và kích thước danh nghĩa (của vật đúc)

3.3.4 Vật liệu đúc

Vật liệu đúc, ngoài những yêu cầu về cơ tính của vật đúc như độ bền rắn và tính hấp thụ (xung lực) va đập, rung động... còn phải có thêm những tính chất khác như tính kinh tế, dễ gia công và tính dễ chảy loãng.

3.3.5 Khuyết tật của vật đúc

Những khuyết tật của sản phẩm đúc gồm lỗi lúc làm khuôn, lúc đúc rót và lúc đông nguội.

■ Các lỗi lúc làm khuôn

Vẩy: Vẩy là những khuyết tật trên bề mặt vật đúc như xù xì, mụn cóc... Lỗi này xảy ra do hơi ẩm còn sót, bốc hơi trong khuôn. Khi hơi ẩm ngưng tụ bên dưới lớp cát làm cho thành khuôn mềm và khiến mặt trong của khuôn bị tróc, xước (**Hình 1.1**). Những mảnh vụn bể của khuôn sẽ tạo nên rỗ cát trong vật đúc.

Vật đúc bị lệch, vênh: Lỗi xảy ra là vì khi đúc, hai phần rỗng của lòng khuôn trên và dưới bị (nước kim loại nóng) xê lệch một chút, thí dụ như do cài lắp hai nửa hộp khuôn không kỹ lưỡng (**Hình 1.2**).

■ Khuyết tật khi đúc và khi đông nguội

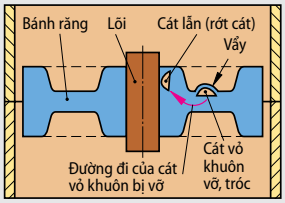
Rỗ xỉ: Là các vết lõm nhẹ, láng trên bề mặt của vật đúc do không gạt kỹ lưỡng xỉ ra khỏi kim loại lỏng trong khi múc rót hoặc lỗi ở hệ thống rót (gồm đậu rót, rãnh...)

Lỗ hổng trong vật đúc (**Bọt khí**)**:** Xảy ra do hơi không kịp thoát ra khỏi lòng khuôn trong lúc kim loại đông nguội. Muốn tránh lỗi này cần phải đạt đúng nhiệt độ nóng chảy của kim loại khi rót.

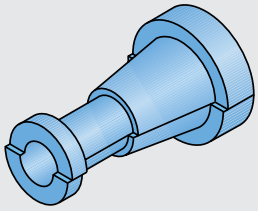
Rỗ co: Là sự co ngót tạo nên các lỗ rỗng trong quá trình đông nguội, kim loại lỏng từ các đậu ngót không thể chảy đến bổ sung được (**Hình 1.3**).

Sự chia tách (**Thiên tích**)**:** Chia tách là hiện tượng tách rời của kim loại lỏng khi trong đông nguội do khác biệt lớn về tỉ trọng của các hợp kim. Sự thiên tích tạo ra khác biệt về cơ tính của vật liệu trong cùng một vật đúc.

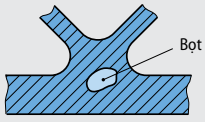
Ứng suất trong vật đúc: Do khác biệt về độ dày, mỏng của vật đúc và các cạnh giáp nối, chuyển tiếp sắc bén cũng như do thiết kế cản trở việc co ngót khiến tạo ra ứng suất từ bên trong vật đúc. Lỗi này thể hiện qua sự méo lệch của vật đúc hoặc các vết nứt (**Hình 1.4**).



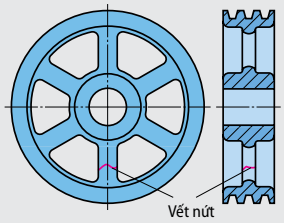
1.1: Lỗi vẩy



1.2: Vật đúc bị lệch



1.3: Bọt khí



1.4: Việc cấu thành vết nứt qua ứng suất của phôi đúc

Hình 1: Các lỗi đúc

Ôn tập và đào sâu

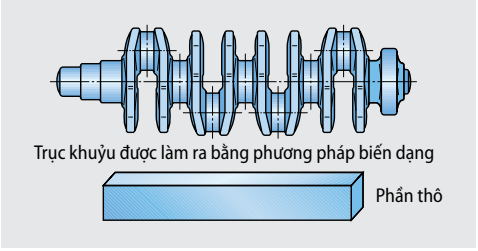
1. Hãy kể những lý do giải thích cho việc sản xuất sản phẩm bằng phương pháp đúc?
2. Tại sao kích thước của vật mẫu phải lớn hơn kích thước vật đúc (thành phẩm)?
3. Vai trò, công dụng của lõi trong phương pháp đúc?
4. Làm sao để phân biệt những vật đúc được tạo khuôn bằng máy và khuôn làm bằng tay?
5. Hãy kể các công đoạn tạo khuôn chân không?
6. Phương pháp đúc nào thích hợp cho việc sản xuất các bộ phận có vỏ mỏng bằng kim loại màu, kim loại nhẹ với số lượng nhiều?
7. Vật đúc được tạo bằng phương pháp đúc chính xác như thế nào?
8. Hãy kể các lỗi của vật đúc do: a) tạo khuôn, b) trong lúc rót và c) khi đông nguội?

3.4 Phương pháp biến dạng

Trong phương pháp biến dạng, chi tiết được chế tạo từ phôi gốc bằng kỹ thuật biến dạng dẻo (Trang 242). Với những phương pháp này, nhiều dạng sản phẩm có thể được làm ra với giá thành rẻ hơn đối với các phương pháp gia công khác (**Hình 1**). Ngoài ra, những tính chất cơ học như độ bền mỏi được cải tạo tốt hơn so với trạng thái ban đầu.

Ưu điểm của phương pháp biến dạng:

- Đường sớ không bị đứt quãng (Trang 300).
- Độ bền được cải thiện
- Cũng có thể chế tạo những sản phẩm có hình dạng phức tạp
- Kích thước và hình dạng chính xác
- Không hao vật tư
- Giá thành hợp lý với số lượng lớn.

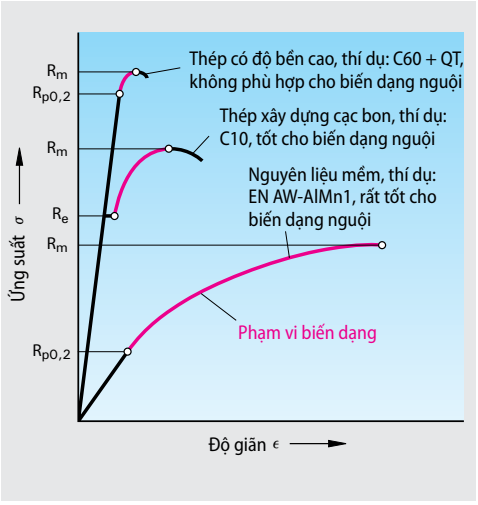


Hình 1: Biến dạng dẻo bởi phương pháp biến dạng

3.4.1 Trạng thái của vật liệu trong biến dạng

■ Những tính chất cần thiết của vật liệu

Chỉ có vật liệu đạt được độ dai theo mức yêu cầu trong kỹ thuật biến dạng mới được sử dụng. Biểu đồ "Ứng suất - Biến dạng" giải thích về sự phù hợp này (**Hình 2**). Biến dạng xảy ra trong phạm vi dẻo giữa giới hạn đàn hồi R_e cũng như giới hạn độ giãn $R_{p0,2}$ và độ bền kéo R_m. Vật liệu có độ giãn dẻo lớn cho phép biến dạng tốt và chỉ đàn hồi ít. Thép không hợp kim và hợp kim nhôm đặc biệt phù hợp cho biến dạng. Nhưng khả năng biến dạng cũng còn tùy thuộc vào nhiệt độ.



Hình 2: Phạm vi biến dạng trong biểu đồ Ứng suất – Biến dạng

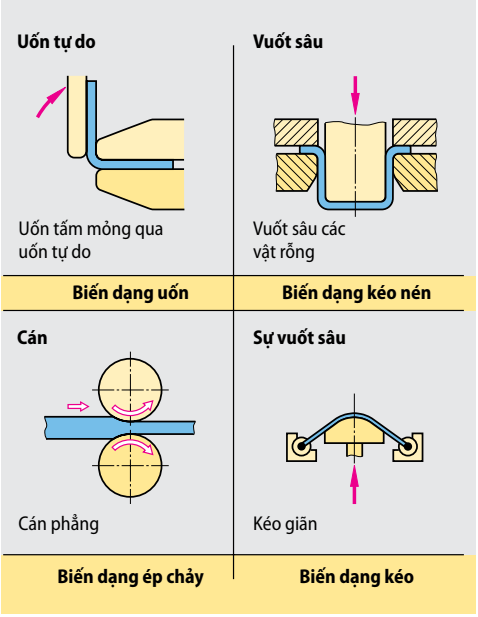
■ Biến dạng ở trạng thái nguội và nóng

Biến dạng nguội xảy ra ở nhiệt độ bình thường. Qua đó vật liệu ở trạng thái bị biến cứng. Điều này phải được loại bỏ bằng việc ủ trung gian để loại bỏ được tính chất giòn và phòng ngừa được hiện tượng tạo thành vết nứt.

Biến dạng nóng xảy ra với nhiệt độ tái kết tinh (Trang 280). Vật liệu biến dạng dễ hơn bởi lực tạo biến dạng nhỏ hơn biến dạng nguội, cả xu hướng tạo vết nứt và làm giòn vật liệu cũng giảm đi.

3.4.2 Khái niệm về phương pháp biến dạng

Dựa vào loại và hướng của các lực và của các dụng cụ được sử dụng người ta chia phương pháp biến dạng ra làm các nhóm chính như biến dạng uốn, biến dạng kéo và ép, biến dạng ép và biến dạng kéo (**Hình 3**).



Hình 3: Các phương pháp biến dạng (những thí dụ)

3.4.3 Biến dạng uốn

Trong biến dạng uốn, chi tiết từ các đoạn vật liệu được biến dạng dẻo với sự trợ giúp của các dụng cụ uốn. Những dạng được uốn như thép tấm, ống, thép hình và dây (**Hình 1**).

■ Xác định chiều dài khai triển (độ dài thực)

Với phương pháp uốn thì vùng bên ngoài bị uốn cong, vùng bên trong bị đùn lại (**Hình 2**). Giữa hai vùng này là vùng vật liệu có chiều dài không thay đổi gọi là **sợi trung tính**.

Độ dài thực của phần uốn tương đương với chiều dài của sợi trung tính.

Độ dài khai triển (Độ dài thực) của phần uốn có bán kính uốn lớn

Độ dài thực L là tổng của các chiều dài l_1, l_2, l_3...

Độ dài thực $L = l_1 + l_2 + l_3 + \ldots + l_n$

Thí dụ: Tính độ dài thực (chiều dài khai triển) của cái móc (**Hình 3**)?

Lời giải: $L = l_1 + l_2 + l_3$ $\quad l_1 = 30\ mm$ $\quad l_3 = 50 mm$

$$l_2 = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360°} = \frac{\pi \cdot 114\ mm \cdot 150°}{360°} = 149\ mm$$

$$L = 30\ mm + 149\ mm + 50\ mm = \mathbf{229\ mm}$$

Độ dài khai triển của phần uốn có bán kính uốn nhỏ

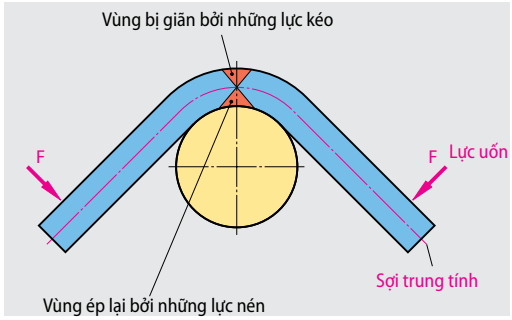
Trường hợp với bán kính uốn nhỏ thì sợi trung tính không nằm ở giữa tiết diện (mặt cắt). Nó bị đẩy từ giữa ra vùng bên trong của thép tấm vì vật liệu bên ngoài giãn nhiều hơn là bị đùn ở bên trong. Khi tính chiều dài khai triển phải lưu ý đến trị số bù (trị số cân bằng) *v*. Trị số bù được xác định bởi thí nghiệm và có thể tìm thấy trong các bảng trị số chuẩn (**Bảng 1, trang 94**).

Để phép tính được đơn giản, với góc uốn 90^0 thì chiều dài khai triển L được tính từ những đoạn thẳng l_1, l_2, l_3... với trị số hiệu chỉnh *n.v* (**Hình 4**).

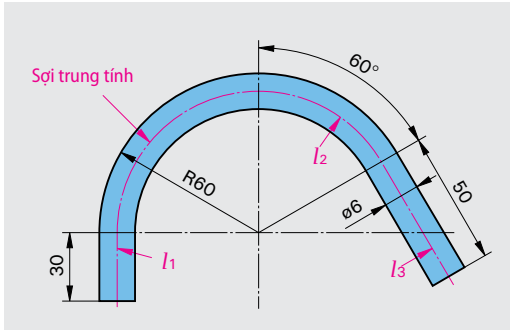
Ở đây *n* là số lần uốn. Trị số *v* phụ thuộc vào bán kính uốn *r* và bề dày *s* (Bảng 1, trang 94).

Chiều dài khai triển $L = l_1 + l_2 + l_3 + \ldots + l_n - n \cdot v$

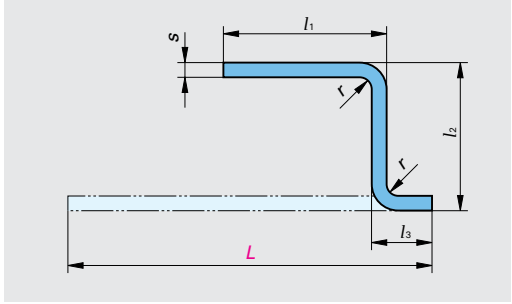
Hình 1: Chi tiết được tạo ra từ những phần uốn



Hình 2: Sợi trung tính trong phương pháp uốn



Hình 3: Tính chiều dài thực ở trường hợp bán kính uốn lớn



Hình 4: Tính chiều dài thực ở trường hợp bán kính uốn nhỏ

Thí dụ: Một tay cầm được uốn từ một băng tấm kim loại có bề dày s = 1mm (**Hình 1**). Tính chiều dài khai triển của phần uốn này?

Lời giải: Trị số cân bằng với góc uốn 90⁰ được lấy ra từ Bảng 1.

$r = 1$ mm $\Rightarrow v_1 = 1{,}9$ mm

$r = 1{,}6$ mm $\Rightarrow v_1 = 2{,}1$ mm

$L = l_1 + l_2 + l_3 - n \cdot v_1 - n \cdot v_2$

$= (40 + 60 + 30 - 1.1{,}9 - 1.2{,}1)$ mm

$=$ **126 mm**

■ Bán kính uốn

Bán kính uốn tối thiểu trong phương pháp uốn

Bán kính uốn được hiểu là bán kính trong của phần uốn sau khi uốn. Để tránh nứt và thay đổi tiết diện thì bán kính không được nhỏ hơn bán kính tối thiểu. Trị số bán kính tối thiểu tùy thuộc vào vật liệu và bề dày của tấm (**Bảng 2**).

- Không được phép chọn bất kỳ một trị số nhỏ nào cho bán kính uốn.
- Nên uốn tấm theo hướng thẳng góc với chiều cán.

Xác định bán kính uốn r_1 của chày và góc uốn α_1 ở dụng cụ uốn

Phôi gia công bị đàn hồi một ít sau khi uốn. Vì thế phôi gia công phải được uốn cong nhiều hơn và chọn bán kính của chày nhỏ hơn bán kính của phôi sau khi gia công (**Hình 2**).

Bán kính của chày r_1 phụ thuộc vào bán kính r_2 của chi tiết sau khi gia công, của bề dày chi tiết s và của hệ số đàn hồi k_R (**Bảng 1, trang 95**).

Bán kính của chày $r_1 = k_R \cdot (r_2 + 0{,}5 \cdot s) - 0{,}5 \cdot s$

Hệ số đàn hồi k_R được xác định từ thí nghiệm. Nó phụ thuộc vào vật liệu và tỷ lệ giữa bán kính uốn r_2 và bề dày của tấm s.

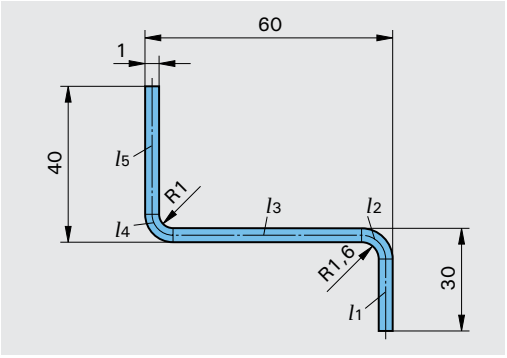
Góc uốn trội α_1 được tính với thừa số đàn hồi k_R như sau:

Góc uốn trội (góc uốn dôi) $\alpha_1 = \frac{\alpha_2}{k_R}$

Trong phương pháp uốn thì chi tiết phải được uốn với độ uốn lớn hơn góc uốn do độ đàn hồi trở lại sau khi uốn.

Bảng 1: Trị số cân bằng v cho góc uốn $\alpha = 90^0$

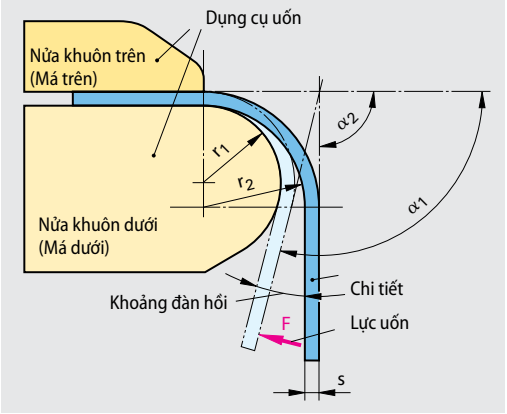
Bán kính	Trị số cân bằng v (mm) ở mỗi điểm uốn cho tấm uốn r (mm) có bề dày s (mm)						
	0,4	0,6	0,8	1	1,5	2	2,5
1	1,0	1,3	1,7	1,9	–	–	–
1,6	1,3	1,6	1,8	2,1	2,9	–	–
2,5	1,6	2,0	2,2	2,4	3,2	4,0	4,8
4	–	2,5	2,8	3,0	3,7	4,5	5,2
6	–	–	3,4	3,8	4,5	5,2	5,9
10	–	–	–	5,5	6,1	6,7	7,4
16	–	–	–	8,1	8,7	9,3	9,9
20	–	–	–	9,8	10,4	11,0	11,6



Hình 1: Giá đỡ

Bảng 2: Bán kính uốn tối thiểu

Vật liệu	Dạng tấm	Dạng ống
Thép	1 x bề dày tấm	1,5 x đường kính ống
Đồng	1,5 x bề dày tấm	1,5 x đường kính ống
Nhôm	2 x bề dày tấm	2,5 x đường kính ống
Hợp kim Cu-Zn	2,5 x bề dày tấm	2 x đường kính ống



Hình 2: Bán kính uốn của khuôn và góc uốn dôi

Thí dụ: Tấm kim loại AlCuMg1 có bề dày s = 1,5 mm được uốn với góc $\alpha_2 = 60^0$. Bán kính uốn r_2 = 3 mm. Tính các trị số sau:

a) Tỷ lệ $r_2 : s$,
b) Hệ số đàn hồi k_R,
c) Góc α_1 tại khuôn,
d) Bán kính r_1 tại khuôn.

Lời giải: a) $\mathbf{r_2 : s} = 3\text{ mm} : 1{,}5\text{ mm} = 2$

b) $\mathbf{k_R = 0{,}98}$ (Theo bảng 1)

c) $\alpha_1 = \frac{\alpha_2}{k_R} = \frac{60^\circ}{0{,}98} = \mathbf{61{,}2^\circ}$

d) $r_1 = k_R \,.\, (r_2 + 0{,}5\,.\,s) - 0{,}5\,.\,s$

$r_1 = 0{,}98\,.\,(3\text{ mm} + 0{,}5\,.\,1{,}5\text{ mm}) - 0{,}5\,.\,1{,}5\text{ mm}$

$\mathbf{r_1 = 2{,}93\text{ mm}}$

■ Phương pháp uốn

Trong những việc uốn đơn giản hoặc sửa chữa, những tấm thép được uốn quanh bệ uốn bằng búa nhựa. Ngược lại, các vật cần uốn chính xác thì được uốn với máy móc hoặc gá lắp. Những phương pháp thường sử dụng là bẻ cạnh và chấn góc.

Bẻ cạnh. Một phần phôi được giữ chặt bởi bệ trên (má trên) và bệ dưới (má dưới) của máy bẻ cạnh (**Hình 1**). Bệ bẻ cạnh uốn phần tấm còn lại dọc theo thanh uốn gấp.

Ống cho đường ống thủy lực hoặc ống dẫn dung dịch bôi trơn làm nguội được uốn với những thiết bị gá uốn cong đặc biệt (**Hình 2**). Con lăn đỡ và con lăn uốn có mặt cắt dạng cung hợp với đường kính ngoài của ống. Qua đó ống được đỡ và tránh cho tiết diện bị biến dạng cũng như có nếp gấp trong khi uốn. Đường kính trong của con lăn đỡ đúng theo đường kính uốn được yêu cầu.

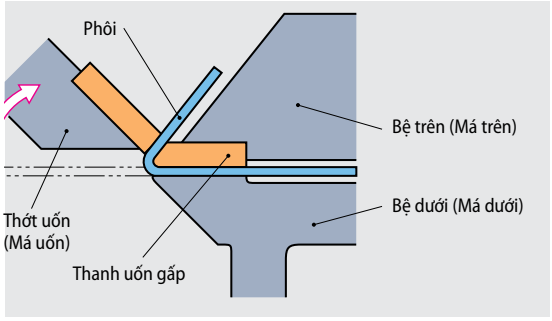
Ống dẫn cong với số lượng lớn, thí dụ như ống dẫn dầu thắng của xe hơi, được sản xuất trên máy uốn điều khiển bằng kỹ thuật số.

Chấn góc. Để tạo cạnh thép tấm bị chày uốn nén trong khuôn (**Hình 3**). Công cụ cắt phải được thay thế khi bán kính uốn hoặc góc uốn thay đổi. Hình dạng phức tạp, thí dụ như khung cửa sổ, được sản xuất qua nhiều công đoạn uốn.

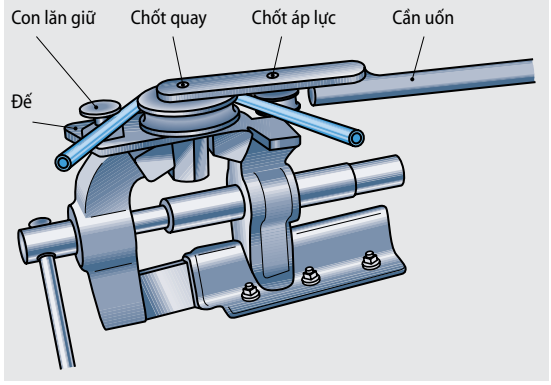
Uốn và cắt trong cùng một dụng cụ. Quy trình uốn thường được lồng ghép vào trong dụng cụ cắt (Dụng cụ liên hợp, trang 107) để có thể sản xuất chi tiết bằng cắt và biến dạng trong cùng một công đoạn.

Bảng 1: Hệ số độ dôi đàn hồi k_R

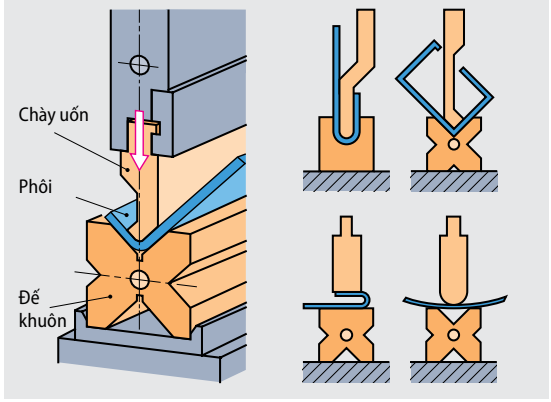
Vật liệu của phần uốn	Tỷ lệ $r_2 : s$							
	1	1,6	2,5	4	6,3	10	16	25
	Hệ số độ dôi đàn hồi k_R							
DC04	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,94
X12CrNi8-8	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,89	0,84	0,76
CuZn33F29	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,89	0,86
EN AW-AlCu4Mg1	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95



Hình 1: Bệ cạnh



Hình 2: Gá uốn ống



Hình 3: Các thí dụ về chấn góc

3.4.4 Biến dạng kéo nén

Với biến dạng kéo nén tấm cắt được biến dạng bởi các lực kéo và nén để cho ra phôi hoàn tất. Các phương pháp quan trọng nhất là vuốt sâu, kéo ép (kép áp lực) và nén.

3.4.4.1 Phương pháp vuốt sâu

Tấm cắt được biến dạng bằng vuốt sâu một lần hoặc nhiều lần để thành chi tiết rỗng. Qua đó bề dày của tấm cắt hầu như không thay đổi.

■ Quá trình vuốt

Tấm cắt được ép giữ chặt bởi đế chặn ở trên khuôn vuốt (**Hình 1**). Sau đó chày vuốt tấm qua khỏi cạnh cong của khuôn. Thân vỏ được tạo thành bởi bề mặt hình vành khăn A_2 của phôi (**Hình 2**). Vì bề mặt A_2 có đường kính lớn hơn đường kính đáy của lon, sau khi hoàn tất phần vật liệu "dôi" được chảy vào thân vỏ. Từ đó dẫn đến chiều cao của lon lớn hơn bề ngang của hình vành khăn.

■ Các yếu tố ảnh hưởng

Lực giữ. Lực giữ cản trở việc tạo thành nếp nhăn ở thân vỏ. Tuy nhiên lực giữ chỉ được phép đủ lớn để đáy của phần dập không bị xé.

Khe hở giữa chày và cối. Khe hở thích hợp *w* lớn hơn một ít so với bề dày *s* của tấm phôi, như thế vật liệu có thể chảy chính xác. Tuy nhiên nếu khe hở quá lớn sẽ tạo ra nếp nhăn. Độ lớn của khe hở tùy thuộc vào vật liệu và bề dày của tấm phôi (**Bảng 1**).

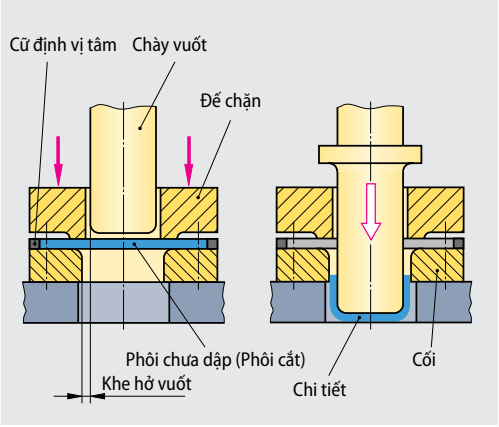
Bán kính của cạnh vuốt. Bán kính lớn của vòng vuốt làm giảm lực vuốt và như thế giảm nguy cơ bị xé, nhưng làm tăng hiện tượng tạo thành nếp nhăn vì tấm phôi không được giữ chặt ở giai đoạn vuốt cuối.

Tỷ lệ dập. Tỷ lệ vuốt β phản ánh được sự thay đổi hình dạng của tấm cắt bởi phương pháp vuốt sâu. Đó là tỷ lệ giữa đường kính D của tấm cắt và đường kính d_1 của chày, tỷ lệ với đường kính của chày d_2 ở những lần vuốt tiếp theo là d_1/d_2 v.v...

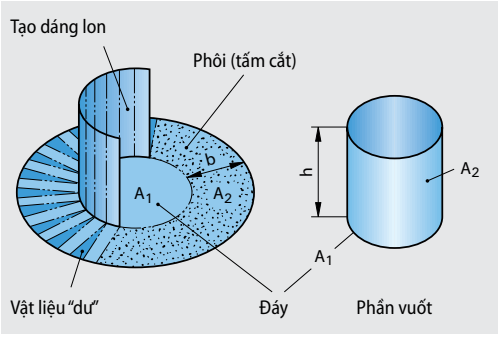
Tỷ lệ vuốt cho phép phụ thuộc vào:

- Độ bền của vật liệu
- Bề dày của tấm
- Bán kính của chày và bán kính của cạnh vuốt của cối
- Lực giữ
- Loại dung dịch bôi trơn được sử dụng

Các bậc vuốt. Nếu tỷ lệ giữa chiều cao đến đường kính lớn, thì phần dập được vuốt làm nhiều lần (**Hình 2** và bảng 1, trang 97).



Hình 1: Vuốt sâu

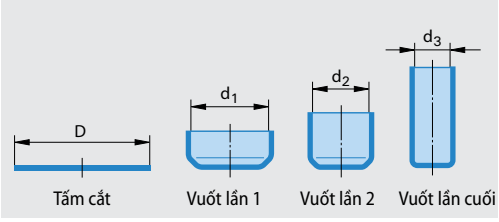


Hình 2: Sự phân bố vật liệu trong phương pháp vuốt sâu

Bảng 1: Khe hở vuốt w của phương pháp vuốt sâu

Vật liệu	Khe hở vuốt
Tấm thép	$w = s + 0{,}07 \cdot \sqrt{10} \cdot s$
Hợp kim Cu-Zn	$w = s + 0{,}04 \cdot \sqrt{10} \cdot s$
Hợp kim nhôm	$w = s + 0{,}02 \cdot \sqrt{10} \cdot s$

Tỷ lệ vuốt $\beta_1 = \frac{D}{d_1}$ $\beta_2 = \frac{d_1}{d_2}$ $\beta_3 = \frac{d_2}{d_3}$



Hình 3: Bậc vuốt

Thí dụ: Một cái nắp hình trụ không có rìa với đường kính d = 60mm và chiều cao h = 70mm được làm ra từ vật liệu X15CrNiSi25-20 với phương pháp vuốt sâu. Hãy tính:

a) Đường kính D của miếng cắt.

b) Số lần vuốt với đường kính của chày dùng cho mỗi lần vuốt được ghi trong **Bảng 1** không có ủ trung gian trong quá trình gia công.

Lời giải:

a) Theo công thức là $D = \sqrt{4 \cdot d \cdot h + d^2}$

$\boldsymbol{D} = \sqrt{4 \cdot 60\ \text{mm} \cdot 70\ \text{mm} + (60\ \text{mm})^2} =$ **142,8 mm**

b) Theo bảng 1 cho trường hợp X15CrNiSi25-20 ta có:

$$\beta_1 = \frac{D}{d_1} = 2{,}0 \qquad d_1 = \frac{D}{\beta_1} = \frac{142{,}8\ \text{mm}}{2{,}0} = 71{,}4\ \text{mm}$$

Cho lần vuốt thứ 2 là: $\beta_2 = \frac{d_1}{d_2} = 1{,}2$

$$d_2 = \frac{d_1}{\beta_2} = \frac{71{,}4\ \text{mm}}{1{,}2} = 59{,}5\ \text{mm}$$

Như vậy nắp có thể được vuốt 2 lần.

Lỗi vuốt. Lỗi có thể xảy ra ở phần vuốt đã xong do các nguyên nhân có thể là từ dụng cụ vuốt, quá trình vuốt hoặc vật liệu vuốt (**Bảng 2**).

Dung dịch bôi trơn. Dầu và mỡ được sử dụng để

- làm giảm ma sát và mài mòn
- cải thiện bề mặt của phần vuốt
- tận dụng tốt hơn khả năng biến dạng của vật liệu

Chất bôi trơn phải có độ bám tốt ở bề mặt tấm, có nghĩa là lớp màng bôi trơn vẫn tồn tại mặc dù bị sức ép ở bề mặt trong khi vuốt sâu.

3.4.4.2 Vuốt sâu bằng phương pháp thủy cơ

Với vuốt sâu thủy cơ thì hình dạng của tấm sau khi vuốt là hình dáng của chày vuốt. Trong quá trình vuốt, tấm cắt bị ép bởi sức nén của chất lỏng và qua đó bị biến dạng (**Hình 1**). Khác với vuốt sâu cơ học, ở đây không có vòng vuốt.

■ Trình tự sản xuất

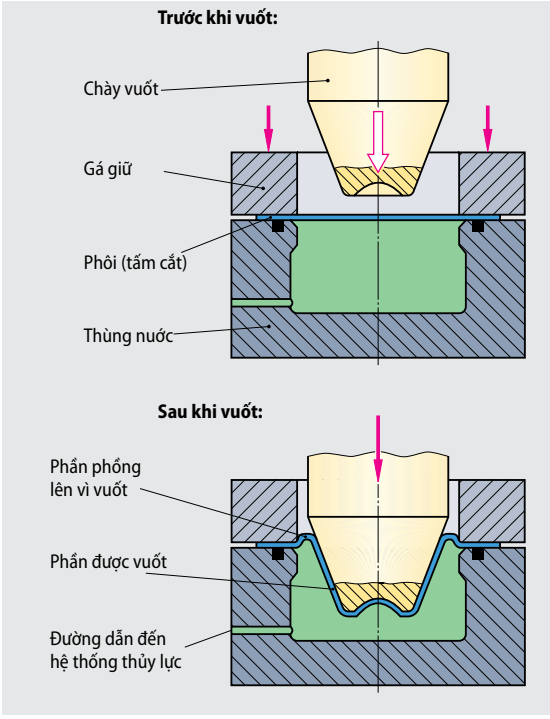
Công cụ vuốt gồm chày vuốt, bệ giữ và thùng nước. Tấm phôi cắt được đặt trên đệm kín của thùng nước và kẹp chặt bởi gá giữ. Chày vuốt di chuyển xuống và ép phôi vuốt vào thùng nước, qua đó một sức ép cao được hình thành trong nước.

Bảng 1: Tỷ lệ vuốt β có thể đạt được

Vật liệu vuốt	Tỷ lệ vuốt đạt được		
	Vuốt lần thứ nhất	Lần vuốt tiếp theo lần thứ nhất	
		Không	Có
		Nung trung gian	
	$\beta 1$	$\beta 2$	$\beta 2$
FeP01A (USt 1203) RRSt 1404, RRSt 1405 X15CrNiSi25-20	1,8 2,0 2,0	1,2 1,3 1,2	1,6 1,7 1,8
CuZn 28 w CuZn 37 w Cu 95,5 w	2,1 2,0 1,9	1,3 1,3 1,4	1,8 1,7 1,8
EN AW-Al 99,5 EN AW-AlMg1 (C)	1,95 2,05	1,4 1,4	1,8 1,9

Bảng 2: Những lỗi do phương pháp vuốt sâu

Lỗi	Nguyên nhân có thể là
Vết nứt ở đáy	Lỗi ở vật liệu, khe hở vuốt quá nhỏ, lực giữ quá lớn.
Nếp nhăn	Lực giữ quá nhỏ
Vuốt bị xọc	Vòng vuốt (khuôn vuốt) bị mòn, bôi trơn không đủ, khoảng cách vuốt quá nhỏ.



Hình 1: Vuốt sâu bằng thủy cơ

Độ lớn của áp suất được xác định bởi van giới hạn áp suất nơi chất lỏng bị nén thoát ra. Áp suất được điều chỉnh qua hệ điều khiển lực nén và có thể thay đổi trong lúc vuốt. Với phương pháp này có thể sản xuất được các phần tấm dạng côn hoặc parabôn trong một lần vuốt khác với phương pháp vuốt sâu thông thường.

Ưu điểm của phương pháp vuốt sâu bằng thủy cơ so với phương pháp vuốt sâu cơ học thông thường

- Đạt được tỷ lệ vuốt lớn hơn so với phương pháp vuốt sâu thông thường do biến dạng cấu trúc tinh thể trong tấm cắt ở phạm vi vùng phồng.
- Thay đổi bề dày của tấm phôi ở bán kính đáy rất ít. Do vậy có thể vuốt được bán kính rất nhỏ.
- Bề mặt ngoài của phần vuốt tốt hơn vì không dùng khuôn cối. Qua đó không xảy ra ma sát của tấm cắt đến cạnh của vòng vuốt.
- Chi phí sản xuất ít hơn vì:
  - chi phí cho khuôn (dụng cụ) ít hơn
  - số lần vuốt ít hơn

Phương pháp vuốt sâu thủy cơ đặc biệt dùng cho các phần tấm dạng côn và dạng parabôn phức tạp (**Hình 1**).

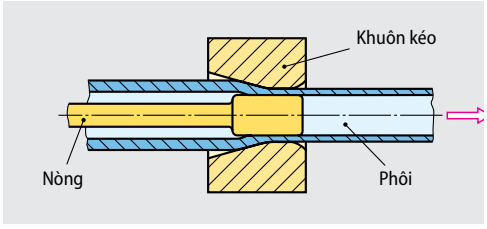
Hình 1: Phôi được vuốt sâu bằng thủy cơ

■ Các phương pháp tạo dạng khác cho phôi tấm bằng thủy lực

Trong **phương pháp biến dạng thủy lực** phôi tấm được ngăn cách với chất lỏng qua một màng. Với **vuốt sâu thủy cơ năng động** thì tấm bị kéo căng trước theo hướng ngược lại trước khi thực sự được vuốt sâu. Qua đó nó được bền hóa ở trạng thái nguội (biến cứng nguội). Phương pháp này được áp dụng cho việc sản xuất các phần vỏ có diện tích lớn.

3.4.4.3 Phương pháp kéo suốt

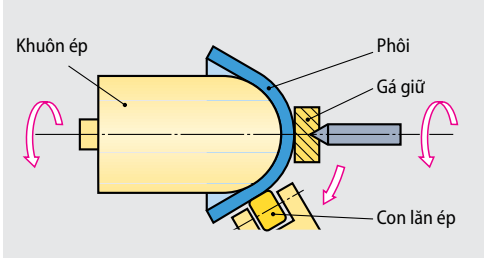
Với phương pháp kéo suốt (thường chỉ được gọi là kéo), người ta kéo các dạng dây, prôfin phẳng hoặc ống đi qua dụng cụ kéo có kích thước hẹp lại (**Hình 2**). Qua đó người ta có được sản phẩm có hình dáng chính xác với bề mặt có độ nhám nhỏ, thí dụ như ống thép có độ chính xác cao dùng cho đường ống thủy lực.



Hình 2: Phương pháp ép kéo ống

3.4.4.4 Phương pháp nghè (vê)

Trong phương pháp vê tấm cắt tròn được biến dạng bởi con lăn ép vào khuôn ép quay (**Hình 3**). Qua đó tấm thép dày đến 20 mm có thể được biến dạng, thí dụ như niềng xe hoặc đáy nồi hơi.



Hình 3: Nghè (vê) tạo khối rỗng

Ôn tập và đào sâu

1. Chiều dài khai triển của những chi tiết uốn được tính như thế nào?
2. Tại sao không được chọn bán kính uốn quá nhỏ?
3. Góc uốn trội bởi phương pháp uốn phụ thuộc yếu tố nào?
4. Công cụ vuốt sâu gồm các cấu kiện nào?
5. Những lỗi nào có thể xảy ra trong phương pháp vuốt sâu?
6. Người ta hiểu thế nào về tỷ lệ vuốt tối đa của thép tấm?
7. Tỷ lệ vuốt tối đa tùy thuộc vào đâu?
8. Phương pháp vuốt sâu thủy cơ có những ưu điểm nào so với phương pháp vuốt sâu thông thường?

3.4.4.5 Biến dạng bằng áp lực cao bên trong (IHU)

Ống được biến dạng do bị phình to ra vì áp suất của chất lỏng ở bên trong ống.

Quy trình gia công

Ống có dạng thẳng hoặc với hình dáng sẵn có được đặt ở giữa phần khuôn trên và dưới (**Hình 1**). Dụng cụ này được đóng lại bởi sức ép thủy lực và được giữ trong khi biến dạng. Sau khi hai đầu ống đóng lại bởi cây ti, áp lực của chất lỏng ép vào trong ống. Do áp suất lớn đến 4000 bar làm ống bị nới rộng ở vị trí, mà ở đó ống không tựa vào thành của dụng cụ. Cùng lúc đó hai đầu ống bị đùn lại. Quá trình biến dạng kéo dài cho đến khi vật liệu của ống đạt được hình dáng bên trong của khuôn.

Ưu điểm của cấu kiện đã được hoàn tất với phương pháp IHU

- Sản xuất ra nhiều chi tiết có dạng phức tạp từ một phôi thay vì phải hoàn tất từ nhiều phần (**Bảng 1**).
- Giảm trọng lương và thể tích phần kết nối.
- Độ cứng và độ bền mỏi cao.
- Độ bền cao hơn do biến cứng nguội.
- Độ chính xác cao về hình dạng, kích thước và khi lặp lại.
- Có thể gia công các chi tiết với tiết diện chuyển tiếp phù hợp với thủy động học (**Hình 2**).

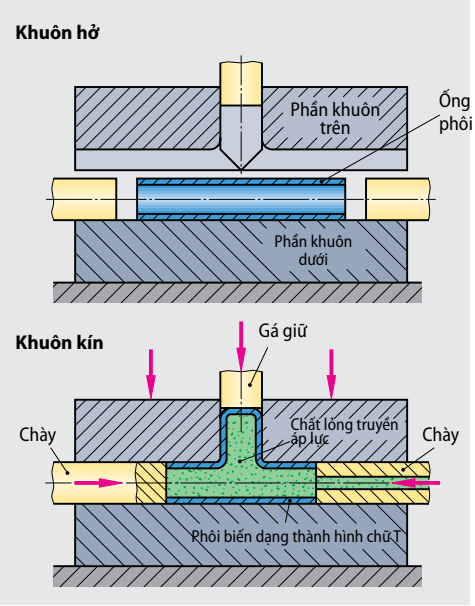
Bảng 1: Ưu điểm của phương pháp IHU – với thí dụ co ống xả khí thải

	Theo phương pháp sản xuất thông thường	Phương pháp IHU
Số lượng chi tiết:	100%	50%
Nâng cao tuổi thọ:	100%	250%
Giá thành:	100%	85%
Thời gian phát triển:	100%	38%
Trọng lượng:	100%	85%

Khuyết điểm:

- Thời gian sản xuất tương đối lâu
- Giá thiết bị cao.
- Chỉ thích hợp cho sản xuất với số lượng lớn.

Thí dụ ứng dụng trong lắp ráp xe hơi: Hệ thống xả khí thải, khung mui xe (cấu kiện bằng khung ống sắt trên mui xe), trụ đỡ mui xe, giá treo bánh xe (**Hình 3**).



Hình 1: Nguyên tắc của phương pháp biến dạng cao áp trong với thí dụ chi tiết hình T

Hình 2: Ống thoát khí thải cho máy 6 xylanh

Hình 3: Khung treo bánh xe trước của ô tô (Nhiều công đoạn sản xuất)

3.4.5 Biến dạng ép

Qua lực ép chi tiết được biến dạng (**Hình 1**). Biến dạng ép bao các gồm phương pháp gia công sau đây: tạo dạng tự do (rèn), tạo dạng khuôn (rèn khuôn), ép nong, ép đùn.

3.4.5.1 Phương pháp tạo hình tự do và tạo hình với khuôn

Với phương pháp rèn, phôi được biến dạng ở trạng thái nung đỏ bằng gia công đập hoặc ép. Qua việc nung nóng vật liệu lên nhiệt độ rèn, khả năng biến dạng tăng lên và tiêu hao năng lượng giảm xuống.

■ Nhiệt độ rèn:

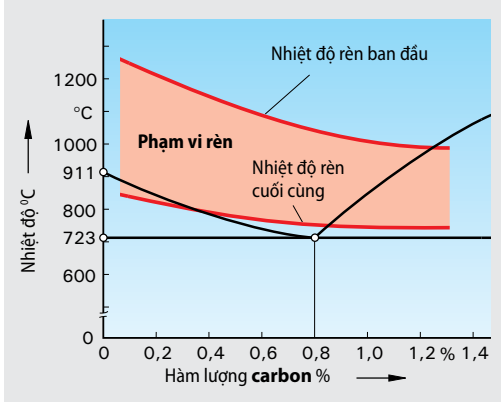
Nhiệt độ rèn được xác định tùy theo vật liệu và phải được lấy ra từ bảng giá trị chuẩn cho nhiệt độ rèn. Thí dụ: Nhiệt độ rèn của thép xây dựng carbon có trị số khoảng chừng 1000^{0}C (**Hình 2**). Không được phép rèn ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ rèn thấp nhất để phôi không bị nứt. Thép bị đốt cháy ở nhiệt độ rèn quá cao.

Hình 1: Trục giò được rèn khuôn

■ Khả năng rèn của vật liệu

Những kim loại có thể rèn được quan trọng nhất là những loại thép cũng như hợp kim nhôm dẻo và hợp kim đồng dẻo. Khả năng rèn của thép giảm khi hàm lượng carbon tăng. Ngoài ra phạm vi nhiệt độ có thể rèn được của các vật liệu này nhỏ hơn ở những loại thép có thành phần carbon thấp.

Lúc rèn cần lưu ý đến số liệu do nhà cung cấp nguyên vật liệu về thời gian nung cũng như nhiệt độ rèn.



Hình 2: Phạm vi rèn của thép carbon

■ Rèn tự do

Với rèn tự do phần thô đạt tới hình dạng cuối cùng qua những thao tác đập có chủ đích đúng vị trí. Do vậy vật liệu có thể lưu chuyển tự do giữa các dụng cụ. Rèn tự do áp dụng cho sản xuất các chi tiết đơn chiếc và tạo hình sơ cho chi tiết rèn khuôn.

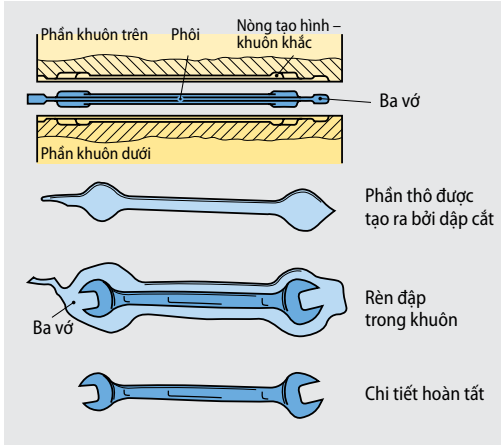
■ Khuôn rèn đập

Trong phương pháp rèn khuôn, vật rèn được đập từ phôi thô trong hai phần khuôn bằng thép tạo hình từ thép dụng cụ chịu nhiệt (**Hình 3**). Khuôn chịu tác dụng bào mòn mạnh và phải được thay thế sau khi gia công từ 10.000 đến 100.000 chi tiết.

Ưu điểm của rèn đập

- Ít hao vật tư hơn.
- Độ chính xác lặp lại cao.
- Đường sớ của vật liệu thuận lợi hơn.
- Có thể sản xuất được các hình dạng phức tạp.

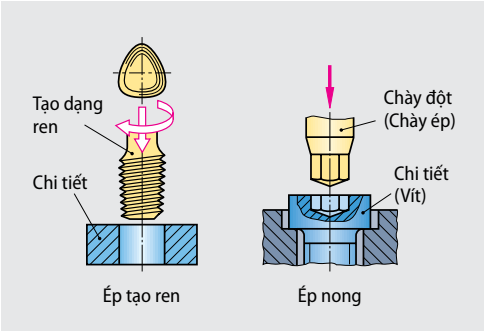
Thí dụ ứng dụng: Trục khuỷu, trục cam, thanh truyền, chìa khóa vặn vít.



Hình 3: Rèn khuôn với phôi

3.4.5.2 Phương pháp ép nong (ép chảy)

Trong các phương pháp đột trong hay ép nong người ta phân biệt qua phương pháp chuyển động quay của công cụ biến dạng, thí dụ như tạo gai (khía nhám) và tạo ren (trang 130), và qua phương pháp đột thẳng, thí dụ như ép nong (**Hình 1**). Ép nong đầu vít lục giác chìm và đầu vít chữ thập có thể thực hiện được với vật liệu nguội hoặc nóng.



Hình 1: Phương pháp ép nong

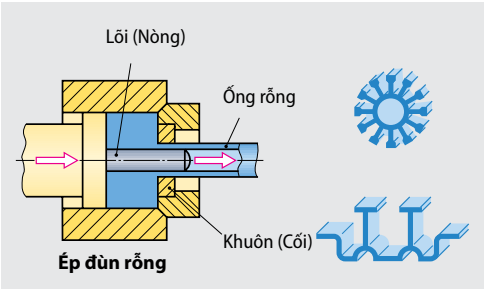
3.4.5.3 Phương pháp ép đùn (ép suốt)

Các phương pháp ép đùn quan trọng nhất là ép đùn thanh dài và ép chảy giãn (ép dọng thụt chảy).

■ Phương pháp ép đùn thanh dài:

Phương pháp ép đùn dùng chày ép vật liệu xuyên qua khuôn định hình cho ra thanh dài với bề mặt đầy hoặc rỗng (**Hình 2**).

> Với phương pháp ép đùn thì vật liệu được ép thành bán thành phẩm dạng thanh dài, loại không sản xuất được với phương pháp cán.

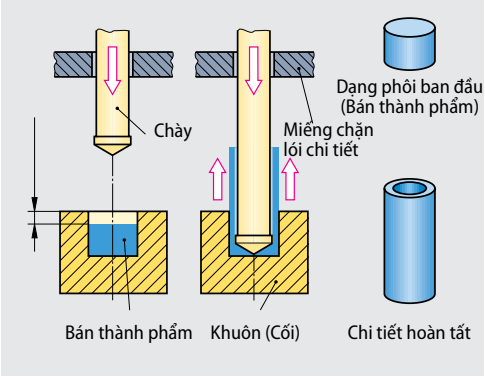


Hình 2: Phương pháp ép đùn thanh dài

■ Phương pháp ép chảy giãn (ngôn ngữ thông dụng gọi là dọng thụt chảy)

Với phương pháp ép chảy giãn thì bán thành phẩm ban đầu được ép bằng chày để cho ra chi tiết. Qua đó vật liệu được điền đầy qua khoảng hở giữa chày và khuôn (**Hình 3**). Phần để ren răng ở ống cũng như chi tiết tương tự được ép cùng lúc ở đáy khuôn.

> Theo chiều chảy của vật liệu người ta phân biệt ép chảy giãn ngược và ép chảy giãn xuôi cũng như ép chảy giãn kết hợp giữa xuôi và ngược.

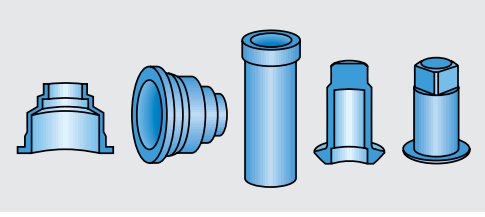


Hình 3: Ép chảy giãn (ép dọng thụt chảy ngược)

Chiều dài của phần rỗng được tạo ra bởi phương pháp ép chảy có thể gấp 6 lần đường kính của phôi ở các phôi hình trụ và vật liệu của nó có độ biến dạng lớn. Phôi được phép ép để cho ra bề dày vỏ ống từ 0,1 mm đến 1,5 mm và đạt được chiều cao đến 250 mm trong một lần ép (**Hình 4**).

Thép có hàm lượng carbon thấp, thí dụ như C10, nhôm và hợp kim nhôm, đồng và hợp kim đồng – kẽm (Cu-Zn) mềm cũng như thiếc và chì thích hợp với phương pháp ép chảy giãn.

> Những vật rỗng và đặc có hình dáng phức tạp cũng được sản xuất một cách kinh tế với số lượng lớn bằng phương pháp ép chảy.

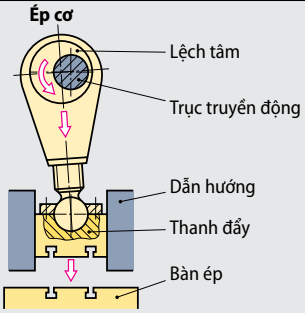
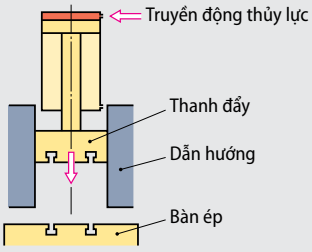
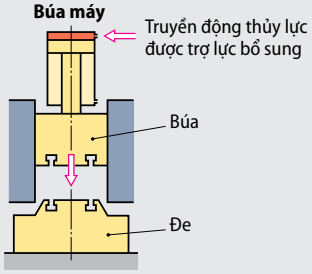


Hình 4: Các phôi ép chảy giãn (ép dọng thụt chảy)

3.4.6 Các máy sử dụng cho phương pháp biến dạng

Các máy phù hợp cho các phương pháp biến dạng khác nhau được phân biệt qua các loại truyền động, độ lớn của lực cần phải đạt được và hành trình dập cũng như qua vận tốc hay với số lần hành trình lên xuống của dụng cụ biến dạng (**Bảng 1**). Cho một vài phương pháp biến dạng thí dụ như ép đùn, uốn dây hay ép thép tấm người ta sử dụng một số thiết bị máy móc đặc biệt truyền động bằng cơ khí hoặc bằng thủy lực.

Bảng 1: Phân loại, đại lượng đặc trưng, tính chất và phạm vi ứng dụng của các máy gia công biến dạng

Loại truyền động	Các đại lượng đặc trưng, tính chất	Phạm vi ứng dụng
Ép cơ  	• Lực không đều trên khoảng dập • Công năng được trữ trong bánh trớn • Có thể chỉnh chính xác hành trình dập • Có thể đạt số lượng hành trình dập cao • Vận tốc cao • Loại máy ép lệch tâm, máy ép khuỷu tay quay, máy ép đòn bẩy	Rèn dập (dập nóng) Vuốt sâu Cắt Dập hình Ép chảy giãn Uốn
Ép thủy lực  	• Độ nâng, lực và vận tốc điều chỉnh được • Lực cố định trên toàn công đoạn vuốt • Chuyển động vuốt có thể gián đoạn bất cứ lúc nào • Thích ứng nhanh với những điều kiện vuốt phức tạp. • An toàn đối với trường hợp quá tải. • Có thể kết nối với các thiết bị tự động hóa • Công đoạn có thể thay đổi dễ dàng nhờ hệ điều khiển số bằng máy tính (CNC) • Loại máy: Máy ép tác dụng đơn và tác dụng nhiều lần...	Vuốt sâu Ép chảy giãn Dập hình Ép đùn
Búa máy  	• Vận tốc biến dạng cao • Năng lượng được xác định bởi trọng lượng và độ cao rơi của nửa khuôn trên. • Thường có sự bổ sung truyền động bởi áp suất của dầu hoặc áp suất của khí nén • Công đoạn biến dạng hoàn tất, khi năng lượng đã sử dụng hết. • Quy trình gia công biến dạng được chia ra làm nhiều công đoạn. • Loại máy: Búa rơi, Búa áp lực cao, Búa máy đỡ.	Rèn dập Rèn tự do

Ôn tập và đào sâu

1. Nhiệt độ rèn tùy thuộc vào đâu?
2. Rèn dập có những ưu điểm nào?
3. Cho biết một vài loại phôi điển hình được gia công với rèn dập?
4. Nêu sự khác biệt giữa ren được làm ra bằng phương pháp tạo dạng và với phương pháp cắt gọt?
5. Những tính chất nào vật liệu cần phải có để phù hợp trong ép chảy giãn?

3.5 Cắt

Phôi dạng lá và dạng hình (prôfin) được cắt ra qua phương pháp cắt bằng kéo hay cắt bằng tia

3.5.1 Cắt bằng kéo

Hầu hết các chi tiết bằng thép lá được gia công qua cắt kéo (**Hình 1**). Do vậy ta phân biệt cắt với kéo và cắt với dụng cụ cắt.

3.5.1.1 Cắt với kéo

Cắt bằng tay và bằng máy được sử dụng chủ yếu để sử dụng để cắt các chi tiết bằng thép lá. Đầu tiên hai lưỡi cắt vào thép lá trước khi cắt. Sau đó mặt cắt còn lại được cắt hết (**Hình 2**).

■ Cắt tay

Do hạn chế bởi lực dẫn động nên cắt tay chỉ có thể cắt thép lá mỏng. Ngoài ra sự chính xác về hình dạng của các cạnh thấp, do vậy phương pháp này chỉ được sử dụng cho sản xuất lẻ hoặc sửa chữa.

Tùy theo hình dạng của chi tiết cắt mà người ta sử dụng các loại kéo cắt tay khác nhau. Kéo cắt thẳng suốt dùng để cắt các đường thẳng, kéo cắt lỗ để cắt những dạng cong, tròn.

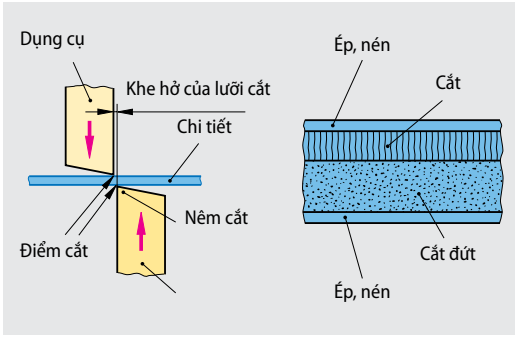
■ Cắt máy

Kéo cắt đột dùng để cắt thép lá có hình dạng bất kỳ. Nguyên vật liệu được tách bằng một cái chày chạy với hành trình ngắn và chuyển động lên, xuống nhanh (**Hình 3**). Dụng cụ đột cũng được sử dụng cài đặt vào máy điều khiển chương trình số NC cho việc gia công những hình dạng mà dụng cụ tiêu chuẩn ở hộp trữ dụng cụ không thể cắt, dập được. Trong phương pháp này tấm thép lá nằm dưới dụng cụ cắt được điều khiển chạy sao để tạo ra các hình dạng mong muốn.

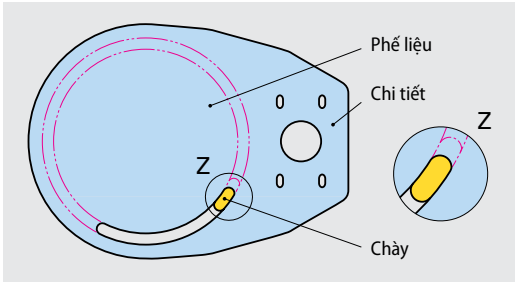
Kéo cắt tấm. Tấm thép lá được cắt thành băng với **kéo cắt tấm**. Để băng cắt không có ba vớ và có cạnh cắt thẳng góc, hai lưỡi cắt phải được mài chính xác. Trước khi cắt, tấm thép lá được kẹp chặt bởi thanh chặn dưới để không bị nghiêng khi cắt. Lúc cắt, lưỡi dao cắt trên chuyển động thẳng góc hay xiên đối với dao cắt dưới (**Hình 4**).

Truyền động của thanh bệ dao và thanh chặn dưới bằng thủy lực hay bằng cơ khí, thí dụ như truyền động khuỷu. Với thép lá mỏng, có thể sử dụng máy cắt tấm điều khiển bằng tay.

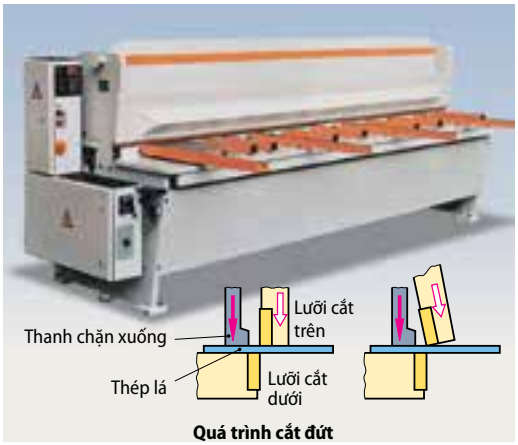
Hình 1: Băng thép lá với những chi tiết trước khi cắt



Hình 2: Quá trình cắt bằng kéo



Hình 3: Cắt rời bằng đột



Hình 4: Kéo cắt tấm

3.5.1.2 Cắt với dụng cụ cắt

Nhiều chi tiết từ thép lá (tấm tôn) được sản xuất với số lượng lớn bằng dụng cụ cắt. Trong trường hợp này dụng cụ cắt được đưa vào sử dụng trong các máy ép.

■ Lực cắt *F*

Lực cắt *F* cần thiết để cắt tùy thuộc theo diện tích cắt S và sức bền cắt tối đa τ_{aBmax} (**Hình 1**). Diện tích cắt *S* là tích số giữa chiều dài *l* của đường cắt và bề dày *s* của thép lá.

Diện tích cắt $S = l.s$

Sức bền cắt tối đa τ_{aBmax} được tính từ sức bền kéo R_{mmax}

Sức bền cắt tối đa $\tau_{aBmax} = 0{,}8.R_{mmax}$

Như thế người ta có được lực cắt *F*

Lực cắt $F = S.\tau_{aBmax}$

Thí dụ: Cắt một miếng đệm bằng thép lá S275J2 có đường kính d = 20mm và bề dày s = 5mm. Tính:
a) Chiều dài đường cắt c) Sức bền cắt tối đa
b) Diện tích cắt d) Lực cắt

Giải đáp: a) $l = \pi.d = \pi.\ 20 = 62{,}8$ mm
b) $S = l\ .\ s = 62{,}8$ mm. 5 mm = **314 mm²**
c) Theo bảng tra cứu R_m = 410... 560 N/mm²
τ_{aBmax} = 0,8. 550 N/mm² = **448 N/mm²**
d) $F = S.\tau_{aBmax} = 314\ .448$ N/mm² = 140.672 N = **141 kN**

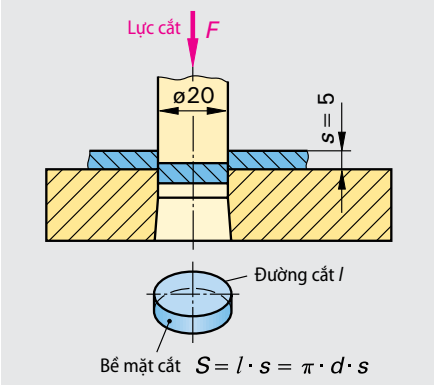
■ Lượng thép lá cần dùng

Bề ngang khoảng cách cắt *e* giữa các chi tiết và ở bìa băng *a* là cần thiết (**Hình 2**). Để tính diện tích cần dùng của tấm thép lá A_o cho mỗi chi tiết từ một băng thép lá bề ngang *B* với bước dẫn tiến *V*, lượng dư còn lại ở cuối băng thép lá được xem là phế liệu, không được lưu ý đến.

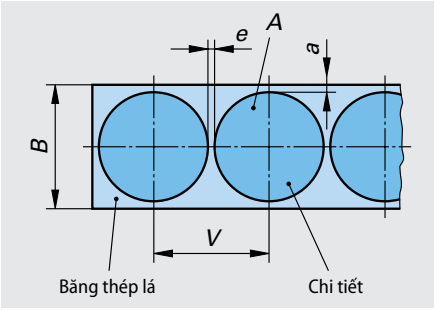
Lượng thép lá cần dùng cho mỗi bước dẫn tiến $A_o = V.B$

■ Khe hở cắt

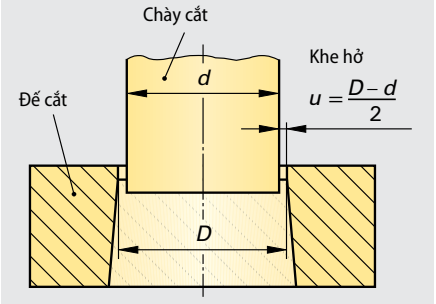
Khe hở cắt. Giữa chày và cối phải có một độ hở cần thiết (**Hình 3**). Độ lớn của khe hở tùy thuộc vào bề dày của thép lá, sức bền cắt của thép lá, tuổi thọ yêu cầu và chất lượng bề mặt cắt. Thông thường khe hở cắt của cắt tinh là 0,5 % và ngoài ra là đến 5% của bề dày thép lá. Độ lớn của khe hở cắt chính xác hay không thể hiện ở bề mặt cắt. Nếu mặt cắt thô, vỡ, nứt, cho thấy nhiều ba via thì khe hở lớn. Độ lớn khe hở phù hợp có thể được lấy ra từ bảng (**Bảng 1**).



Hình 1: Tính lực cắt



Hình 2: Thép lá cần thiết



Hình 3: Khe hở cắt

Bảng 1: Độ lớn của khe hở cắt

Bề dày s bằng mm	Khe hở *u* bằng mm cho sức bền cắt τ_{aB} (N.mm²)	
	250...400	400...600
0,4...0,6	0,015	0,02
0,7...0,8	0,02	0,03
0,9...1,0	0,03	0,04
1,5 2,0	0,04...0,05	0,05...0,07
2,5...3,0	0,06...0,07	0,09...0,10
3,5...4,0	0,08... 0,09	0,11...0,13

3.5.1.3 Dụng cụ cắt dập

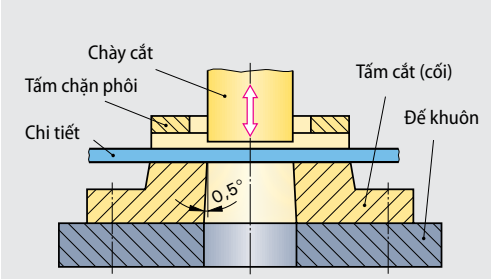
Ở dụng cụ cắt dập, chi tiết được cắt bởi chày và cối trong hành trình đơn hoặc hành trình liên tục từ một băng thép lá (tấm tôn).

Dụng cụ cắt được phân loại tùy theo kết cấu dẫn hướng của chày đến cối và tùy theo quy trình sản xuất.

■ Phân loại theo kết cấu dẫn hướng

Dụng cụ cắt không có dẫn hướng được sử dụng để cắt những đĩa lớn và với số lượng ít (**Hình 1**)

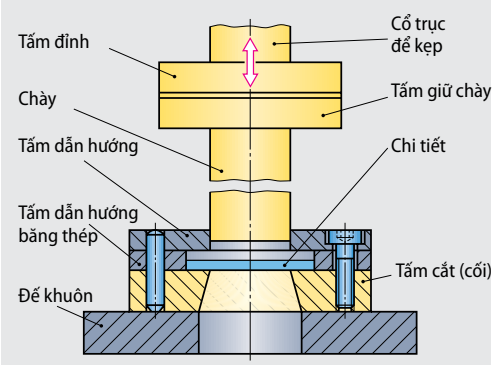
> Chày được dẫn vào cối không phải bởi dụng cụ dẫn khuôn mà bằng thanh dập máy ép.



Hình 1: Dụng cụ cắt không có dẫn hướng

Dụng cụ cắt với tấm dẫn hướng được thiết kế dùng cho sản lượng trung bình và lớn (**Hình 2**).

> Chày được dẫn qua tấm cắt gắn chặt với tấm dẫn hướng.

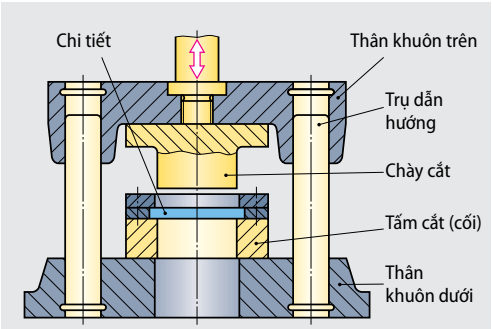


Hình 2: Dụng cụ cắt với tấm dẫn hướng

Tấm dẫn hướng và tấm cắt (cối) có hình dạng lỗ thủng giống nhau. Tấm dẫn hướng có tác dụng đồng thời là tấm chặn phôi. Cối được gắn vào tấm giữ chày. Tấm giữ chày kết cấu với tấm đỉnh và chốt siết ở đầu chày. Băng thép cắt được dẫn qua băng dẫn giữa tấm cắt và tấm dẫn hướng. Dụng cụ cắt lớn hơn không gắn chặt bằng chốt siết mà qua một tấm siết đặc biệt ở đầu cốt dập.

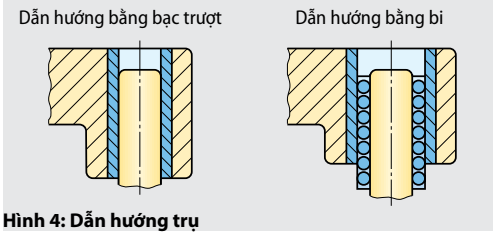
Dụng cụ cắt với trụ dẫn hướng có bộ phận dẫn hướng chính xác nhất (**Hình 3**). Bộ phận dẫn hướng gồm có hai hoặc bốn trụ dẫn được tôi cứng và trượt trong bạc trượt lót hay ở cấu kiện bi lăn (**Hình 4**). Các trụ dẫn hướng được gắn vào bệ máy, các trụ này là những chi tiết tiêu chuẩn hoàn chỉnh.

Dẫn hướng với bạc trượt phù hợp với số hành trình nhỏ và với lực ngang lớn. Dẫn hướng bằng bi lăn được sử dụng cho số hành trình mỗi phút lớn và hành trình ngắn.



Hình 3: Dụng cụ cắt với trụ dẫn hướng

> Dẫn hướng bằng bi không có độ rơ (khe hở), bảo trì ít, trơn tru và ít tỏa nhiệt.



Hình 4: Dẫn hướng trụ

Giới hạn bước dẫn tiến

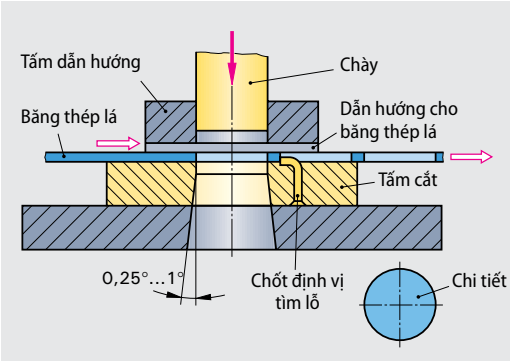
Bước dẫn tiến của băng cắt tác dụng theo nhịp sau mỗi hành trình. Bước dẫn tiến được giới hạn qua các cữ chặn, chốt định vị, hệ thống cắt bên hoặc bộ dẫn tiến đặc biệt.

■ Phân loại theo trình tự sản xuất

Ở cắt tác dụng dập các phương pháp và dụng cụ của nó được phân biệt theo:

- Số lượng hành trình (khoảng chạy) mỗi chi tiết ⇒ Dụng cụ cho phương pháp cắt đơn và cắt tuần tự
- Gia công cùng một lúc hình dạng trong và ngoài ⇒ Dụng cụ cắt dập tổng hợp
- Chất lượng đặc biệt của mặt cắt ⇒ Dụng cụ cắt tinh chính xác
- Cắt và biến dạng với cùng một dụng cụ ⇒ Dụng cụ hỗn hợp

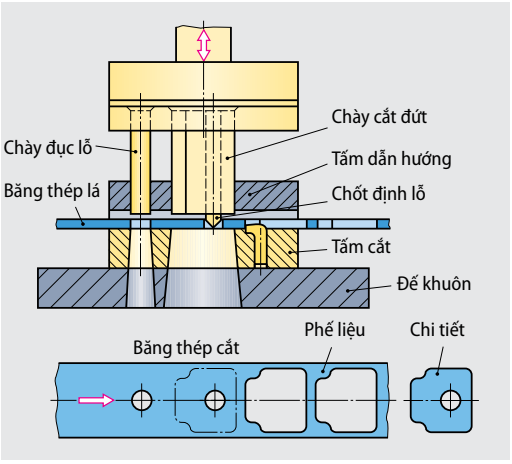
Dụng cụ cắt dập đơn được chế tạo để sử dụng rộng rãi như là dụng cụ cắt rời với số lượng nhỏ (**Hình 1**). Chi tiết được cắt dập hoàn chỉnh với một chày. Sau khi dứt hành trình làm việc chày được kéo lên khỏi băng thép lá qua chốt định vị. Thép lá chạm vào tấm dẫn hướng và có thể tiếp tục đẩy đến cữ chặn.



Hình 1 Dụng cụ cắt dập đơn

Dụng cụ cắt dập tuần tự tạo hình dạng của chi tiết qua nhiều công đoạn cắt (**Hình 2**). Mỗi chày dập cắt một công đoạn nhất định, thí dụ như trong hình 3. Trước tiên phôi được đục lỗ trước với chày đục lỗ và sau đó được cắt đứt ra khỏi băng thép lá với chày dập cắt rời.

Ở tất cả các dụng cụ cắt dập tuần tự, sau mỗi công đoạn cắt băng thép lá phải được đẩy tới chính xác một đoạn đường bằng bước dẫn tiến.



Hình 2 Dụng cụ cắt dập tuần tự

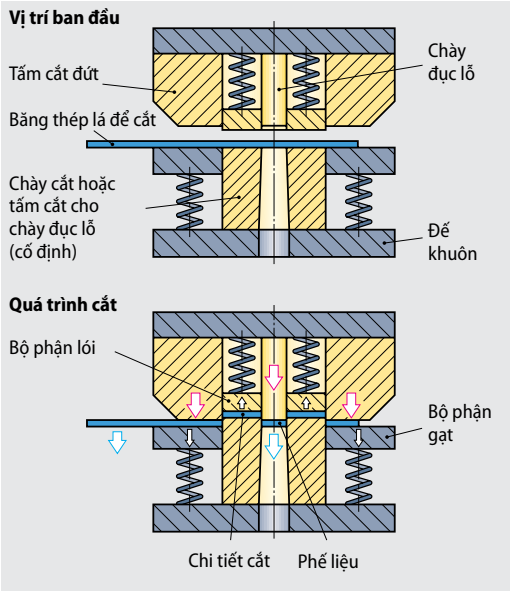
> Với dụng cụ cắt dập tuần tự, chi tiết được sản xuất qua nhiều công đoạn.

Dụng cụ cắt dập tổng hợp

Hình dạng trong và ngoài của một chi tiết được dập hoàn tất với một nhát cắt ở trong một vị trí của băng thép (**Hình 3**).

Qua phương pháp này, người ta sẽ loại bỏ được sự sai lệch vị trí giữa hình dạng trong và ngoài có nguyên nhân từ bước tiến không chính xác hoặc vì độ rơ của băng thép lá trong dẫn hướng.

Chày cắt đứt đồng thời có chức năng là miếng cắt để sản xuất hình dạng trong. Chi tiết được đẩy lên bởi chày dập cắt đẩy vào tấm cắt và đẩy ra ngoài bằng bộ phận lói. Ngoài ra bộ phận lói có chức năng dẫn hướng chày đục lỗ, cho nên bộ phận lói phải trượt vào tấm cắt với độ rơ rất ít.



Hình 3 Dụng cụ cắt dập tổng hợp

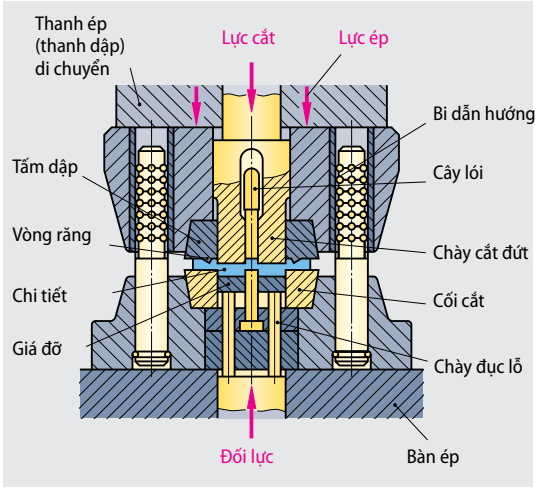
> Dụng cụ cắt dập tổng hợp được sử dụng sản xuất các chi tiết dạng trong và ngoài có dung sai vị trí rất nhỏ và với sản lượng cao.

Dụng cụ cắt dập chính xác sản xuất ra các chi tiết với bề mặt cắt không có ba vớ, nhẵn, thẳng góc, trơn tru trong một hành trình làm việc (**Hình 1**). Vì khe hở cắt chỉ được phép bằng 0,5 % bề dày của thép lá, với thép lá mỏng như vậy là rất nhỏ cho nên cần phải có trụ dẫn hướng.

Trước khi dập cắt băng thép được giữ chặt bởi tấm ép di động trên tấm cắt. Tấm ép chặn có hình dạng nêm côn, di chuyển song song với bao hình của chi tiết. Tấm chặn này ép kẹp chặt băng thép cắt và giữ chặt vật liệu ở vùng cắt. Lực cắt cần thiết vào khoảng gấp đôi so với dập cắt thuần túy.

Ở cắt dập chính xác thì tấm ép, chày cắt và giá đỡ (gá) thực hiện 3 đoạn đường đi khác nhau nên bộ phận ép cần thiết phải tạo ra ba lực tác động.

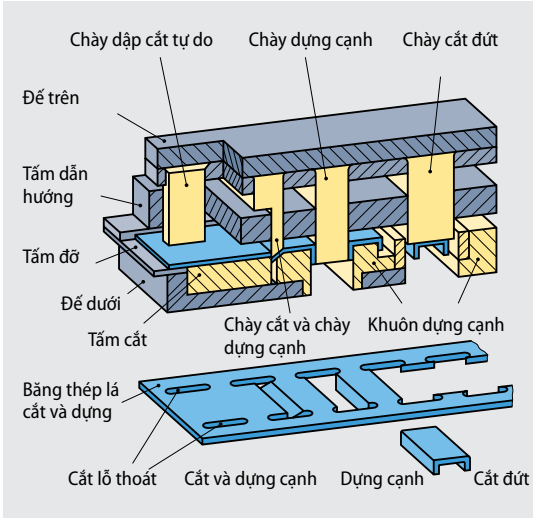
Với dụng cụ cắt dập chính xác người ta nhận được chi tiết có kích thước và độ phẳng chính xác với mặt cắt thẳng góc và nhẵn.



Hình 1 Dụng cụ dập cắt chính xác

Dụng cụ (khuôn) hỗn hợp cắt dập tuần tự gồm dụng cụ cắt dập và dụng cụ biến dạng. Theo trình tự gia công, dụng cụ hỗn hợp này bao gồm các bước tuần tự như cắt, biến dạng và cắt đứt (rời) (**Hình 2**). Theo hình 2 dụng cụ hỗn hợp cắt liên tục, trước tiên hai thành bên của chi tiết được cắt tự do, sau đó cắt các cạnh dài, chấn cạnh, dựng thành cạnh hoàn chỉnh qua khuôn dập rồi dập cắt rời chi tiết.

Với dụng cụ hỗn hợp dập cắt tuần tự các công đoạn cắt và biến dạng được thực hiện trong một khuôn. Khuôn này phù hợp để sản xuất những chi tiết nhỏ, phức tạp từ thép lá.



Hình 2 Dụng cụ hỗn hợp cắt dập tuần tự

Ôn tập và đào sâu

1 Quá trình tách rời trong phương pháp cắt xảy ra như thế nào?

2 Chi tiết giá đỡ máy phát điện một chiều (dynamo) cho đèn của xe hơi bằng thép xây dựng (R=520N/mm^2) với chiều dày 1 mm được cắt dập.

Khe hở cắt của dụng cụ là bao nhiêu?

3 Các loại dẫn hướng được phân loại thế nào ở dụng cụ cắt dập?

4 Dụng cụ cắt dập nào thích hợp cho sản xuất:

a) Đĩa tròn với một lỗ

b) Chi tiết có biên dạng ngoài phải được ăn khớp chính xác với lỗ?

c) Chi tiết với mặt cắt không có ba vớ?

d) Chi tiết với phần được bẻ, dựng?

3.5.2 Cắt bằng tia

Nguyên vật liệu được cắt đứt với một tia hơi hoặc tia nước. Người ta phân biệt cắt bằng nhiệt và cắt bằng tia nước. Các phương pháp thích hợp tùy thuộc theo vật liệu cắt, bề dày vật liệu và yêu cầu về chất lượng của cạnh cắt.

3.5.2.1 Cắt bằng nhiệt

Vùng cắt được nung nóng sau đó được cắt đứt ra bằng tia hơi. Các phương pháp quan trọng nhất là: cắt gió đá, cắt bằng plasma nóng chảy, cắt bằng tia laser.

■ Cắt gió đá (Bảng 1)

Thép không có hợp kim và hợp kim thấp cháy trong oxy tinh khiết khi vượt qua nhiệt độ bốc cháy. Nhiệt độ này vào khoảng 1200^{0}C và nằm dưới nhiệt độ nóng chảy.

Việc cắt bằng ngọn lửa áp dụng phản ứng này. Chỗ định cắt của chi tiết được nung nóng với ngọn lửa đốt từ hỗn hợp khí oxy đến nhiệt độ bốc cháy và sau đó khí oxy cắt được mở thêm vào. Thép cháy rực sáng nơi chỗ cắt được nung nóng. Oxít phát sinh cùng với thép chảy ở đường cắt được thổi ra bởi sức ép của tia oxy. Qua bước dẫn tiến của đèn hàn (mỏ hàn, mỏ cắt) một đường cắt được hình thành (**Hình 1**).

Tốc độ cắt đúng tạo ra một đường cắt với dấu cắt thẳng đứng (**Hình 2**).

Dấu cắt bị nghiêng do tốc độ cắt cao, xỉ sắt cấu thành ở cạnh dưới do tốc độ cắt thấp (Hình 2).

Sử dụng axêtylen và khí propan làm nhiên liệu khí đốt. Chất lượng bề mặt cắt của đường cắt tương đương với cưa hay bào tùy thuộc theo

- Khoảng cách của béc cắt với cạnh cắt trên
- Độ lớn của béc cắt
- Áp suất của oxy
- Vận tốc bước dẫn tiến

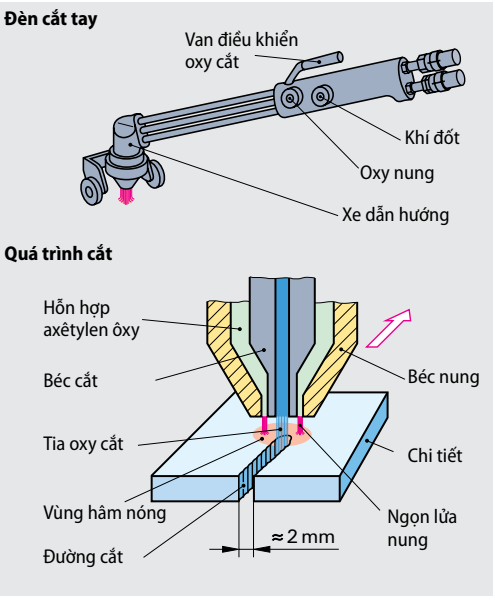
Thép lá ghép có thể được cắt khi bắt đầu đường cắt ở ngoài bìa và thép lá được ép chặt với nhau.

Cắt bằng gió đá cũng được sử dụng ở **dưới nước**.

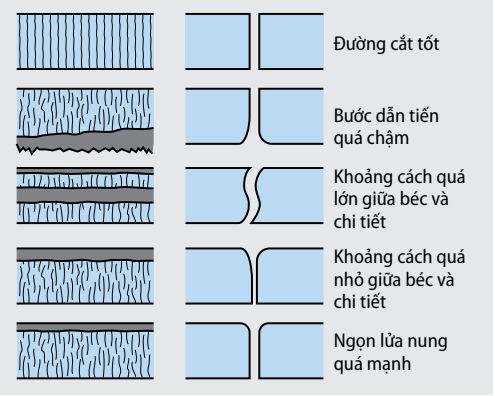
Người ta có thể khoan những vật liệu chứa khoáng chất, thí dụ như **bê tông** dày đến 4 mét với những mũi cắt bằng ống thép được thổi bổ sung thêm vào bột giàu chất sắt.

Bảng 1: Cắt gió đá

Ứng dụng	Thép không có hợp kim và thép có hợp kim thấp
Bề dày vật liệu	5 mm đến 1000 mm
Tốc độ cắt	800 mm/phút ở bề dày 5 mm 400 mm/phút ở bề dày 80 mm
Ưu điểm	Có thể sử dụng đèn cắt điều khiển bằng tay và máy điều khiển bằng kỹ thuật số NC
Khuyết điểm	Không phù hợp với thép lá mỏng, thép hợp kim và kim loại không có sắt



Hình 1: Cắt gió đá



Hình 2: Các lỗi ở phương pháp cắt bằng mỏ hàn (đèn cắt)

■ Cắt bằng hồ quang plasma

Cắt bằng hồ quang plasma đặc biệt thích hợp cho cắt thép hợp kim và kim loại không có sắt (**Bảng 1**). Ở các vật liệu này nhiệt độ nóng chảy của oxít phát sinh lớn hơn của chính kim loại, vì vậy không thể cắt bằng gió đá được.

Quy trình cắt

Qua cắt bằng hồ quang plasma, vật liệu được cắt rời bằng tia plasma, tia này tiếp xúc vị trí gia công với nhiệt độ và tốc độ cao. Plasma được gọi là hỗn hợp khí tích điện được nung nóng với nhiệt độ cao.

Trước hết giữa điện cực bằng Wolfram và đầu vòi phun (béc), một cột hồ quang mồi được đánh lửa (**Hình 1**). Khí dẫn đi xuyên qua hồ quang và được hình thành dạng plasma qua nhiệt độ cao. Một điện áp giữa điện cực và chi tiết tăng tốc nhanh hơn đẩy plasma đến chi tiết. Ngay sau khi tia plasma tiếp xúc với chi tiết, hồ quang chuyển sang chi tiết và cột hồ quang mồi bị ngắt đi. Nhiệt độ nóng lên đến khoảng 30.000 ^{0}C, tia plasma với năng lượng dồi dào làm chảy vật liệu ở chỗ gia công và thổi ra khỏi đường cắt.

Khi hàn plasma với vật liệu không dẫn điện (vật liệu không có sắt) ở giữa điện cực và chi tiết không thể có hồ quang. Do vậy phải cần dùng đến một điện cực khác để đóng mạch điện.

Ở phương pháp hàn plasma tốc độ cắt đạt được cao. Do vậy ảnh hưởng nhiệt và biến dạng (độ vênh) của chi tiết nhỏ.

Phía trên của đường cắt bằng plasma rộng hơn phía dưới, bởi vì năng lượng của tia plasma giảm với chiều sâu cắt (**Hình 2**).

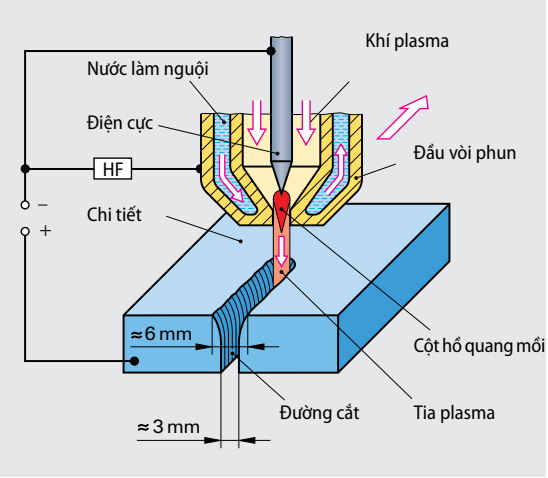
Cắt bằng plasma được áp dụng để cắt thép hợp kim và kim loại không có sắt.

Biện pháp phòng ngừa

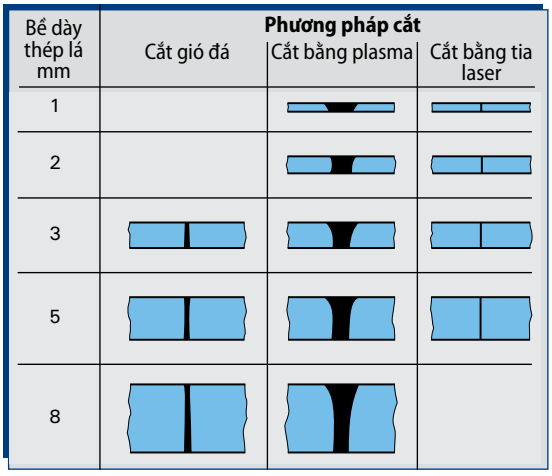
Do tốc độ thoát ra của tia plasma cao nên sinh ra tiếng ồn lớn mà người ta có thể giảm bớt bằng cách cắt trong bể nước hay phun nước lên trên tia. Với nhiệt độ quá cao tia plasma phát sinh khí độc Ôzôn và oxít nitơ. Các chất này phải được hút bỏ đi. Cường độ của tia cực tím được ngăn ngừa qua kính bảo hộ hay bao che.

Bảng 1: Cắt bằng hồ quang plasma

Ứng dụng	Thép hợp kim, kim loại không chứa sắt và thép có hợp kim thấp
Bề dày vật liệu	1 mm đến 100 mm
Tốc độ cắt	đến 6 m/phút ở đường cắt rời Đến 4 m/phút ở đường cắt đẹp
Khí cắt	Khí argon, khí nitơ, hỗn hợp hai loại khí ấy, khí helium, khí nén.
Ưu điểm	Có thể cắt được tất cả kim loại với tốc độ cắt cao và có đường cắt tốt
Nhược điểm	Trang bị bảo hộ ngăn ngừa tiếng ồn, bụi và khói, thiết bị đắt tiền



Hình 1: Cắt bằng hồ quang plasma



Hình 2: Đường cắt ở phương pháp cắt bằng gió đá, cắt bằng plasma và cắt bằng tia laser

■ Cắt bằng tia laser (Bảng 1)

Trong phương pháp này tia laser được sử dụng để cắt (**Hình 1**).

Tia laser là chùm tia sáng hội tụ với năng lượng dồi dào, được tạo ra với sự hỗ trợ của các chất khí (khí laser) hoặc các tinh thể (chất rắn laser). Chùm tia laser đi qua một hệ thống thấu kính hội tụ trên một diện tích rất nhỏ của bề mặt vật liệu như với một kính hội tụ ánh sáng, qua đó tạo thành nơi có mật độ năng lượng cao. Vật liệu chảy hay bốc hơi và được thổi xuyên qua đường cắt bởi một tia khí. Qua sự tác dụng trên ta phân biệt cắt nóng chảy laser và nung cắt laser.

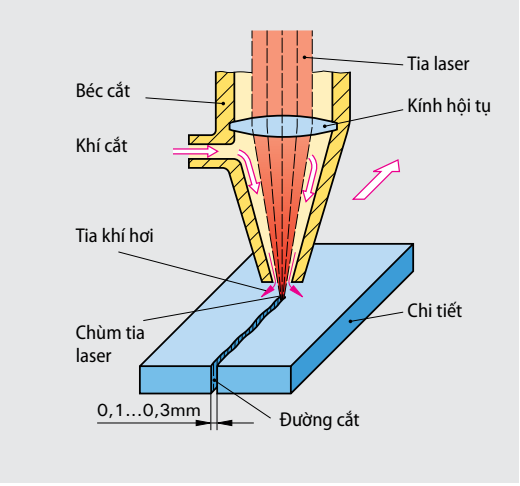
Bảng 1: Cắt bằng tia laser

Ứng dụng	Tất cả các loại thép, hợp kim nhôm, chất dẻo, gốm
Bề dày vật liệu (Thí dụ)	10 mm cho thép 0,1mm cho màng mỏng
Tốc độ cắt	0,6 m/phút cho thép 90 m/phút cho màng mỏng chất dẻo
Khí cắt	Nitơ, argon, oxy
Ưu điểm	Có thể cắt nhiều vật liệu, đường cắt rất tốt, tốc độ cắt cao
Khuyết điểm	Cần phải trang bị bảo hộ, thiết bị đắt tiền

Quá trình cắt

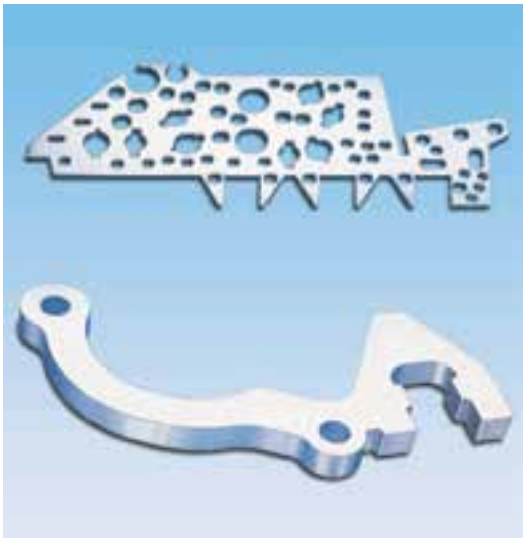
Ở **cắt nóng chảy bằng tia laser**, tia laser đi qua một loại khí trơ phần lớn là khí nitơ hay khí argon làm chảy vật liệu nơi đường cắt và thổi đi (Hình 1). Phương pháp này đặc biệt thích hợp cho kim loại có độ nóng chảy dưới điểm bốc cháy, thí dụ: thép không gỉ, và hợp kim nhôm, vật liệu bán dẫn, chất dẻo, vật liệu cháy và vật liệu gốm.

Trong phương pháp **nung cắt laser,** tia laser làm nóng vật liệu ở nhiệt độ bốc cháy và đốt cùng lúc với tia oxy được dẫn vào, tia oxy này cũng thổi oxít ra khỏi đường cắt. Với **tia laser được dẫn bằng tia nước**, ảnh hưởng nhiệt ở cạnh cắt được giảm xuống và như thế người ta có thể cắt được vật liệu công nghệ bán dẫn (silicon miếng). Ngoài ra nhờ vào khoảng cách lớn hơn giữa vòi phun cắt và chi tiết so với phương pháp không có tia nước dẫn, người ta có thể thực hiện việc cắt ba chiều tốt hơn.



Hình 1: Cắt bằng tia laser

Ưu điểm của cắt bằng tia laser là đường cắt nhẵn, láng (**Hình 2**). Do vậy chi tiết không cần phải gia công lại.



Hình 2: Chi tiết cắt với tia laser

Với phương pháp cắt bằng tia laser người ta có thể gia công được các lỗ rất nhỏ và biên dạng (prôfin, đường viền).

Biện pháp bảo vệ

Cắt bằng tia laser cũng phát sinh khói và khí có mùi gây dị ứng, phải hút bỏ đi.

Khả năng ứng dụng bổ sung (tùy chọn)

Tia laser cũng được sử dụng để **khắc chữ** và **viết chữ** trên các chi tiết kim loại và phi kim loại, tôi bề mặt, trong **kỹ thuật hàn** (Trang 227) và **kỹ thuật đo lường** (Trang 35).

3.5.2.2 Cắt bằng tia nước

Phương pháp cắt bằng tia nước (**Bảng 1**) làm việc với một tia nước nhỏ, phần lớn được trộn với hợp chất phun, thí dụ như cát thạch anh, để tăng cường tác động ăn mòn.

Quy trình cắt

Nước cắt được bơm qua đầu béc cắt với một áp suất khoảng 4000 bar. Ở đó hợp chất phun để thổi cắt được pha trộn. Tia nước có bề dày 0,1 mm đến 0,5 mm cắt vật liệu từ một lỗ mồi được tạo trước trong phôi. Tốc độ cắt tùy thuộc theo độ cứng và độ dai cũng như yêu cầu về chất lượng của đường cắt. Ở cắt tinh chính xác, tốc độ cắt vào khoảng 25% tốc độ cắt có thể đạt được thì phôi sẽ nhẵn và không có ba via.

Cắt với tia nước tạo ra tiếng ồn lớn. Tiếng ồn giảm đi đáng kể nếu cắt dưới nước.

Bảng 1: Cắt bằng tia nước

Ứng dụng	Kim loại, kim loại không có sắt, chất dẻo, vải sợi, vật liệu hỗn hợp, vật liệu cán mỏng (Vật liệu được tráng màng)
Bề dày vật liệu	1 mm đến 100 mm
Tốc độ cắt	0,4 m/phút cho thép 0,8 m/phút cho nhôm
Chất liệu cắt	Nước với các chất phụ gia ăn mòn
Ưu điểm	Cắt được tất cả các nguyên liệu, không bị ảnh hưởng bởi nhiệt và như vậy không có biến dạng
Nhược điểm	Chỉ áp dụng khi phương pháp cắt rời bằng nhiệt không thích hợp

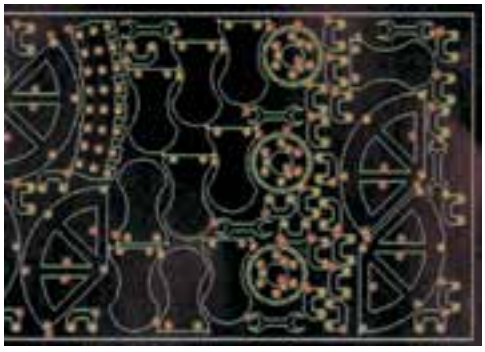
3.5.2.3 Thiết bị cắt

Phần lớn các phương pháp cắt bằng tia đều được thực hiện trên thiết bị cắt điều khiển bằng kỹ thuật số (NC). Tùy theo mỗi quá trình cắt mà trang bị các đầu béc cắt khác nhau. Qua hệ thống điều khiển máy người ta có thể điều chỉnh các thông số như tốc độ bước dẫn tiến, khoảng cách giữa đầu béc cắt và chi tiết, áp suất của khí sử dụng, điện áp và cường độ (**Hình 1**).

Trên máy vi tính cá nhân (PC), các **sơ đồ khai triển** sắp xếp vị trí chi tiết khác nhau để tận dụng tối ưu diện tích tấm thép lá (**Hình 2**).

Hình dạng cắt ở ống thí dụ như nút ống được thực hiện trên máy cắt ống NC. Như vậy có thể cắt chính xác các cạnh trong không gian và đồng thời tạo vạt đường hàn.

Hình 1: Thiết bị cắt bằng tia với điều khiển kỹ thuật số (NC)



Hình 2: Sơ đồ bố trí chi tiết cắt

Ôn tập và đào sâu

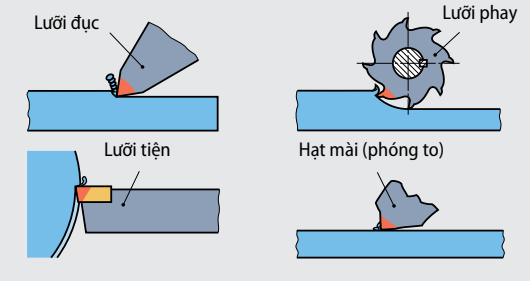
1. Ngọn lửa làm nóng trước trong phương pháp cắt bằng gió đá có nhiệm vụ gì?
2. Phương pháp cắt bằng tia nào phù hợp cắt đứt với thép không hợp kim?
3. Do đâu người ta biết được tốc độ cắt phù hợp ở phương pháp cắt bằng gió đá?
4. Với phương pháp cắt nào người ta có thể cắt các vật liệu sau: Thép không gỉ, AlCuMg3, bọt xốp, gốm?
5. Phải tuân theo quy tắc an toàn nào ở phương pháp cắt bằng tia plasma?

3.6 Gia công cắt gọt có phoi (gia công cơ, gia công cắt gọt)

3.6.1 Cơ bản

Trong tất cả các phương pháp gia công có phoi những điều đặc biệt quan trọng là:

- Hình dạng và cấu tạo phoi ở mũi cắt của dụng cụ cắt
- Tác động của lực và nhiệt xuất hiện trong quá trình gia công
- Độ bền mài mòn của vật liệu cắt



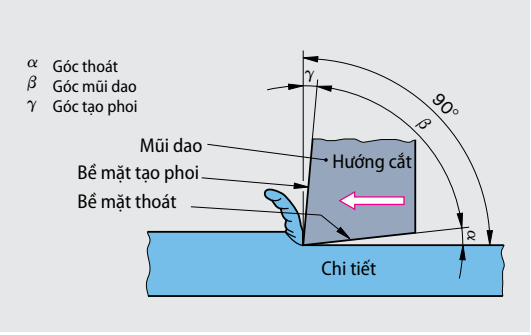
Hình 1: Hình dạng nêm của dụng cụ cắt

3.6.1.1 Dụng cụ cắt

Hình dạng cơ bản của tất cả dụng cụ cắt là một cái **nêm** (**Hình 1**). Lực cắt và nhiệt phát sinh trong quá trình gia công làm mòn nêm cắt. Do đó dụng cụ cắt phải đáp ứng được sức chống mài mòn và đủ độ dai ở nhiệt độ cao.

■ Bề mặt và góc của nêm cắt (góc mũi dao)

Mũi dao ăn sâu vào chi tiết mềm cấu thành mặt tạo phoi và mặt thoát phoi (**Hình 2**). Góc giữa hai mặt gọi là **góc mũi dao** β. Độ lớn của góc này tùy thuộc cơ bản vào vật liệu gia công (**Bảng 1**).



Hình 2: Bề mặt và góc ở mũi dao

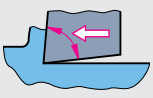
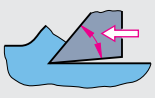
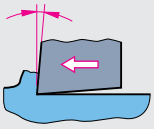
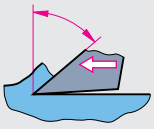
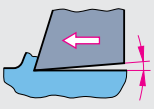
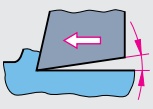
Lưỡi cắt ăn sâu dễ dàng vào vật liệu thì góc mũi dao nhỏ. Do vậy lúc gia công với vật liệu có sức bền cao, để mũi dao không bị mẻ thì góc mũi dao phải đủ lớn.

Góc tạo phoi γ là góc giữa bề mặt tạo phoi và thẳng góc với bề mặt gia công. Để giữ cho lực xuất hiện nhỏ thì có thể chọn góc này lớn. Trong gia công với vật liệu cứng, ở quy trình cắt đứt quãng và vật liệu lưỡi cắt giòn, góc tạo phoi phải nhỏ thậm chí là âm, để lưỡi cắt không bị vỡ.

Góc thoát α giữa bề mặt thoát và bề mặt gia công là cần thiết, nhằm giảm thiểu sự cọ sát giữa lưỡi cắt và chi tiết. Người ta chọn góc này lớn vừa đủ để lưỡi cắt (dụng cụ) được cắt tự do.

Góc quan trọng nhất ở mũi dao là góc tạo phoi γ vì nó ảnh hưởng đến sự cấu tạo phoi, tuổi thọ và lực cắt.

Bảng 1: Độ lớn của góc ở mũi dao

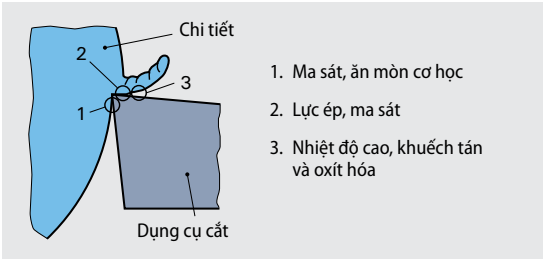
Góc mũi dao β		Góc tạo phoi γ		Góc thoát α	
lớn	nhỏ	nhỏ	lớn	nhỏ	hơi lớn hơn
					
Vật liệu cứng với độ bền cao thí dụ như thép hợp kim cao	Vật liệu mềm thí dụ như hợp kim nhôm	Vật liệu cứng và giòn trong cắt đứt quãng và cắt gọt thô	Vật liệu nhẹ ở cắt gọt láng	Vật liệu cứng và cắt gọt ra phoi ngắn, thí dụ như thép hợp kim cao	Mềm, có thể biến dạng dẻo thí dụ như chất dẻo

3.6.1.2 Vật liệu cắt

Vật liệu cắt là vật liệu tạo thành các mũi dao (nêm cắt).

■ Yêu cầu về vật liệu dụng cụ cắt

Trong quá trình sử dụng vật liệu cắt chịu tải cơ và nhiệt lớn có thể dẫn đến mòn quá mức gây ra bởi mài mòn hoặc vỡ của dụng cụ cắt (**Hình 1**).



Hình 1: Ứng lực của dụng cụ cắt

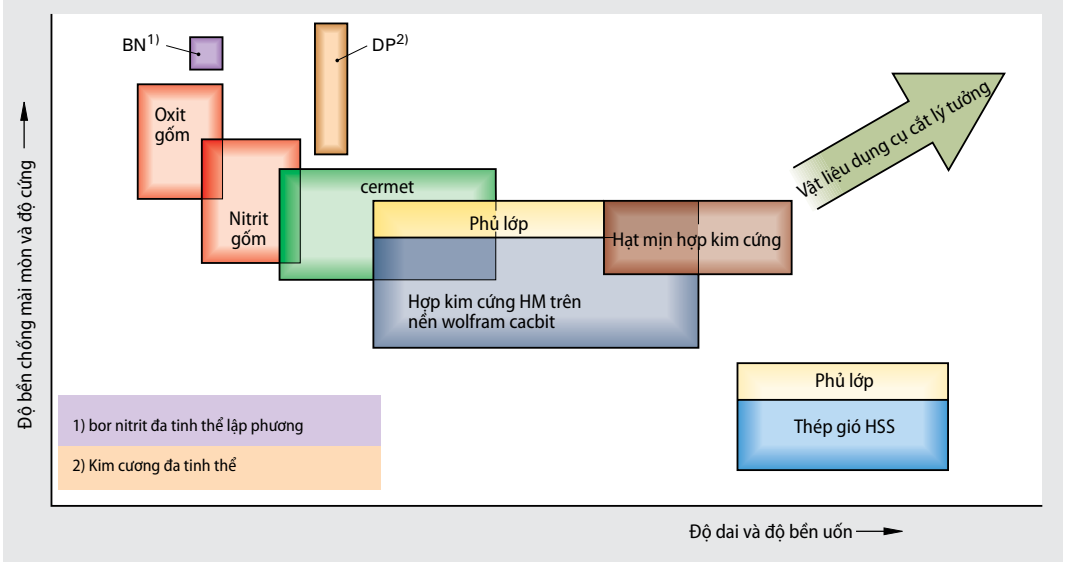
Đặc tính cần thiết của dụng cụ cắt

Để có tuổi thọ cao, dao cắt cần có các những đặc tính sau đây:

- **Độ cứng nóng** cao, có nghĩa là dụng cụ cắt phải có đủ độ cứng ở nhiệt độ cao để cắt vào vật liệu.
- **Tính chịu mài mòn** cao nghĩa là độ bền chống mài mòn cơ học cũng như chống ảnh hưởng hóa học và vật lý như oxít hóa hay khuếch tán.
- **Sức bền trao đổi nhiệt** cao để nhiệt độ thay đổi mạnh lúc làm việc không tạo thành vết nứt.
- **Độ bền nén** lớn để ngăn ngừa sự biến dạng và sự vỡ bể của cạnh dao cắt.
- **Độ dai** cao và **độ bền uốn** cao để lưỡi cắt cũng chịu được tải xuất hiện đột ngột và cạnh cắt sắc không bị vỡ, mẻ.

■ Chọn vật liệu dụng cụ cắt

Việc chọn lựa vật liệu dụng cụ cắt được xác định tùy theo phương pháp gia công, vật liệu gia công và tính hiệu quả. Đặc điểm quan trọng để lựa chọn vật liệu dụng cụ cắt thích hợp là độ bền chống mài mòn, độ dai (**Hình 2**). Qua phương pháp phủ lớp trên vật liệu dụng cụ cắt như hợp kim cứng (HM) và thép gió (HSS), sức chống mài mòn được cải thiện một cách cơ bản (Trang 116).



Hình 2 Độ bền mài mòn và độ dai của dụng cụ cắt

Trên cơ sở khác nhau về độ bền mài mòn, độ bền dẻo và chi phí mà vật liệu dụng cụ cắt có những phạm vi áp dụng khác nhau.

■ Thép dụng cụ cắt gọt tốc độ cao (Thép gió HSS)

Thép gió là thép dụng cụ hợp kim cao, thành phần chính gồm wolfram, molybden, vanadi và coban. Thí dụ HS 2-9-1-8 gồm: 2% W, 9% Mo, 1% V và 8% Co. Trong tất cả những loại vật liệu cho dụng cụ cắt, thép gió có độ dai lớn nhất, nhưng lại có độ cứng thấp nhất. Thép gió HSS được ứng dụng khi cạnh cắt phải rất sắc và nhiệt độ cắt không cao (**Hình 1**). Qua lớp phủ, độ mài mòn và tốc độ cắt sẽ được tăng thêm.

■ Hợp kim cứng (Dao cắt carbit)

Cấu tạo: Hợp kim cứng là vật liệu hỗn hợp được chế tạo qua thiêu kết từ những chất cơ bản ở dạng hạt (Trang 273). Wolfram cacbit cứng được liên kết với chất kết dính coban mềm hơn. Để cải thiện độ chống mài mòn ở nhiệt độ cao, người ta cho thêm vào thành phần titan cacbit và Tantalcarbid. Thành phần của cacbit kim loại cứng trong hợp kim cứng nằm trong khoảng 80% và 90%. Hợp kim cứng qua thành phần cấu tạo khác nhau như độ lớn của hạt và lớp phủ được sử dụng để gia công hầu như tất cả các vật liệu (**Hình 2**).

Đặc tính. Một hàm lượng kim loại có cacbit cao làm tăng sự mài mòn của hợp kim cứng. Một hàm lượng kim loại có chất kết dính coban cao cho tính dẻo dai lớn. Cả độ lớn của hạt cacbit kim loại đến 10µm, cũng ảnh hưởng đến độ cứng và độ dẻo dai của hợp kim cứng.

Hợp kim cứng hạt mịn (Độ hạt nhỏ hơn 2,5 µm) có độ mài mòn và độ chịu lực cạnh cắt cao được sử dụng gia công cắt gọt vật liệu đã qua tôi luyện.

Phủ lớp (thấm). Qua phủ lớp với các vật liệu có độ cứng khác nhau (Trang 116) làm cho hợp kim cứng có độ mài mòn cao hơn trong khi độ dai của nguyên vật liệu vẫn giữ nguyên. Vì lợi điểm đó mà các hợp kim cứng không có phủ lớp càng ngày càng mất thị trường.

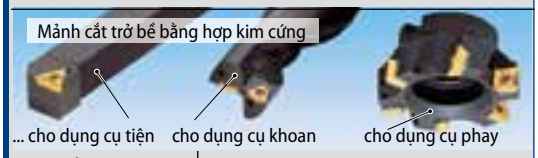
Phân loại của hợp kim cứng được thể hiện ở các nhóm chính P, M và K (**Bảng 1**). Sự chọn lựa nhóm chính được xác định dựa trên cơ sở vật liệu gia công. Các phân loại tiếp là với số đuôi đi theo sau. Số này cho biết thông tin về việc sử dụng hợp kim cứng từ gia công thô đến gia công tinh.

Dụng cụ cắt bằng thép gió HSS

Đặc điểm	Phạm vi ứng dụng
• Độ dai lớn • Độ bền uốn cao • Dễ dàng sản xuất • Độ cứng dưới 70 HRC • Độ bền chịu nhiệt đến 600 °C	Lưỡi khoan xoắn, dao phay, dụng cụ chuốt, cây ven răng, và bàn ren, dao tiện định hình, dụng cụ cắt cho gia công chất dẻo, ứng dụng cho lực cắt thay đổi chiều mạnh.

Hình 1: Đặc điểm và phạm vi ứng dụng của thép gió

Dụng cụ từ hợp kim cứng



Đặc điểm	Phạm vi ứng dụng
• Độ cứng chịu nhiệt lớn (đến 1000°C) • Sức bền mài mòn cao • Độ bền nén cao • Giảm rung	Mảnh cắt trở bề của dụng cụ cắt cho tiện, dụng cụ cho phay và dụng cụ cắt cho khoan, cho dụng cụ cắt giảm rung bằng hợp kim cứng nguyên khối, được sử dụng cho việc gia công cắt gọt của hầu hết tất cả các vật liệu

Hình 2: Đặc điểm và lĩnh vực ứng dụng của hợp kim cứng

Bảng 1: Phân loại của hợp kim cứng

Nhóm chính		Ứng dụng	Đặc điểm
P Vật liệu cho phoi dài Thí dụ: Thép, gang dẻo	01 10 20 30 40 50	Gia công tinh Tiện chép hình Gia công thô	Độ bền mài mòn tăng dần; Độ dai giảm dần
M Vật liệu cho phoi ngắn Thí dụ: Thép không gỉ, thép da láng (thép chuẩn hóa)	10 20 30 40	Gia công tinh Tiện chép hình Gia công thô	Độ bền mài mòn tăng dần; Độ dai giảm dần
K Vật liệu cho phoi ngắn Thí dụ: Gang, kim loại không có thép, thép tôi cứng	01 10 20 30	Gia công tinh Tiện chép hình Gia công thô	Độ bền mài mòn tăng dần; Độ dai giảm dần

Số đuôi càng nhỏ thì hợp kim cứng có độ mài mòn càng lớn. Loại này sử dụng trước hết cho tất cả gia công tinh với tốc độ cắt cao. Hợp kim cứng có số đuôi lớn, thí dụ P 50, có độ dai lớn thích hợp cho gia công thô.

Sự chọn lựa các loại hợp kim cứng dựa theo vật liệu được gia công, điều kiện gia công (thí dụ như gia công tinh hay gia công thô) cũng như các loại do nhà cung cấp giới thiệu.

■ Cermet (Gốm kim loại)

Hợp kim cứng trên nền tảng của titan cacbit thay vì wolfram cacbit và với chất kết dính nickel cũng như coban được gọi là cermet (**ceramic** (gốm) **metal**). Cermet được sử dụng cho mảnh cắt trở bề cho tiện và phay (**Bảng 1**). Trên cơ sở có độ bền mài mòn và sức bền cạnh cắt lớn, cermet đặc biệt thích hợp cho gia công tinh, vì ở gia công tinh cần có cạnh cắt sắc (bén).

■ Dao cắt bằng gốm

Vật liệu cắt bằng gốm có độ cứng nóng rất cao và không gây phản ứng với vật liệu (**Hình 1**).

Mảnh cắt bằng **oxit gốm** có thành phần từ oxit nhôm (Al_2O_3) và rất nhạy cảm với sự thay đổi của nhiệt độ. Do vậy phần lớn gia công lấy phoi không cần làm nguội bôi trơn. Oxit gốm chủ yếu là dùng để gia công cắt gọt gang.

Gốm hỗn hợp (Al_2O_3 với TiC) dẻo hơn gốm nguyên thủy (ròng) và sức chịu đựng (độ bền) tốt hơn đối với việc thay đổi nhiệt độ.

Silic Nitrit (Si_3N_4) là một loại gốm không bị oxit hóa có độ dai lớn và độ ổn định cho những cạnh cắt. Với lưỡi khoan xoắn bằng silic nitrit những lỗ khoan của vật liệu gang có thể gia công với tốc độ cao.

■ Bor nitrit lập phương đa tinh thể (BN)

Sau kim cương, BN là vật liệu dụng cụ cắt cứng nhất và có độ cứng nóng cao nhất. BN ứng dụng chủ yếu để gia công tinh các chi tiết có vật liệu cứng (độ cứng lớn hơn 48 HRC), đạt độ bóng bề mặt cao (**Hình 2**). Trong nhiều trường hợp có thể không cần mài. Qua thiêu kết với lớp CBN (bor nitrit lập phương đa tinh thể) dày khoảng 0,7 mm trên nền một hợp kim cứng ta được mảnh cắt trở bề với độ bền mài mòn của bor nitrit và độ dẻo dai của hợp kim cứng.

Bảng 1: Đặc điểm và phạm vi ứng dụng của cermet

Đặc điểm	Phạm vi ứng dụng
• Độ bền mài mòn cao • Độ cứng nóng lớn • Độ ổn định lớn cho cạnh cắt • Sức bền chống hóa chất ăn mòn lớn	Mảnh cắt trở bề cho gia công tiện, gia công phay, ứng dụng chính cho gia công tinh ở tốc độ cắt cao.

Mảnh cắt trở bề bằng gốm

Oxit gốm — Gốm hỗn hợp

Thí dụ gia công

Đặc điểm	Phạm vi ứng dụng
• Độ cứng lớn • Độ cứng nóng đến khoảng 1200°C • Độ bền mài mòn cao • Độ bền nén cao • Sức chống ăn mòn của hóa chất lớn	Gia công gang và hợp kim chịu nhiệt, tiện tinh cứng thép tôi, gia công với tốc độ cao

Hình 1: Đặc tính và phạm vi ứng dụng của dao cắt bằng gốm

Mảnh cắt BN

Mảnh cắt trở bề bằng hợp kim cứng với lớp CBN thiêu kết

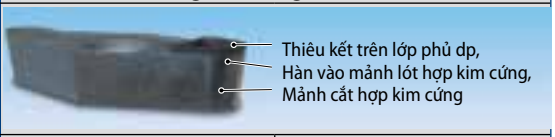
Đặc điểm	Phạm vi ứng dụng
• Độ cứng rất lớn • Độ bền cứng nóng đến 2000 °C • Độ bền mài mòn cao • Độ chống ăn mòn hóa chất cao	Tiện cứng: gia công tinh thép tôi với độ bóng bề mặt cao và với dung sai nhỏ.

Hình 2: Đặc tính và phạm vi ứng dụng của bor nitrit lập phương

■ Kim cương đa tinh thể (DP)

Kim cương đa tinh thể có độ cứng gần như kim cương thiên nhiên tinh thể đơn (**Hình 1**). Kim cương này được chế tạo bằng vật liệu than được ép với lực ép cao và ở nhiệt độ cao. Độ bền mài mòn rất cao cho nên có thể đạt được tuổi thọ cao. Vì độ giòn của DP phải giữ ổn định chế độ cắt. Tốc độ cắt và bước dẫn tiến không nên cao lắm do độ nhạy nhiệt.

Mảnh cắt trở bề bằng kim cương đa tinh thể (DP)

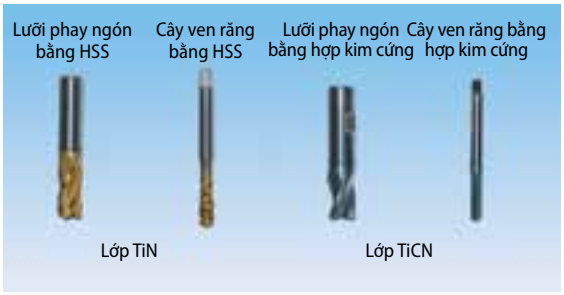


Đặc điểm	Ứng dụng
• Vật liệu cắt cứng nhất • Độ bền mài mòn cao • Độ bền nhiệt đến 600^{0}C • Phản ứng hóa học với kim loại hợp kim của thép	Gia công cắt gọt cho vật liệu không chứa sắt và hợp kim nhôm có hàm lượng silic, những loại vật liệu dẫn đến tình trạng mài mòn cơ học rất lớn.

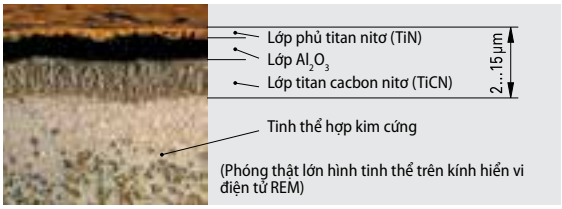
Hình 1: Đặc điểm và lĩnh vực ứng dụng của kim cương

■ Phủ lớp (thấm) dụng cụ cắt

Tăng cao độ mài mòn của dụng cụ cắt. Qua sức bền chịu nhiệt cao hơn có thể đạt được tốc độ cắt và bước dẫn tiến lớn và như thế đạt được hiệu quả kinh tế trong sản xuất. Vật liệu phủ lớp quan trọng nhất là là titan nitrit (TiN), titancacbit (TiC), titancacbonitrit (TiCN), oxit nhôm (Al_2O_3) và kim cương (**Hình 2**). Sự phủ lớp được thực hiện với một hay nhiều lớp với bề dày từ 2-15 µm (**Hình 3**). **Titannitrit** thích ứng tốt cho lớp phủ trên cùng vì có hệ số ma sát thấp. **Oxit nhôm** tạo một lớp rất cứng và có thêm nhiệm vụ làm lớp chắn nhiệt để ngăn chặn phản ứng hóa học giữa phoi và kim loại gốc của dao cắt. **Titancacbonitrit** vì đặc tính bám chặt vào nên đặc biệt thích hợp cho việc phủ lớp nền. Dụng cụ được phủ lớp là dụng cụ bằng thép gió, hợp kim cứng và cermet.



Hình 2: Dụng cụ cắt với các lớp phủ khác nhau

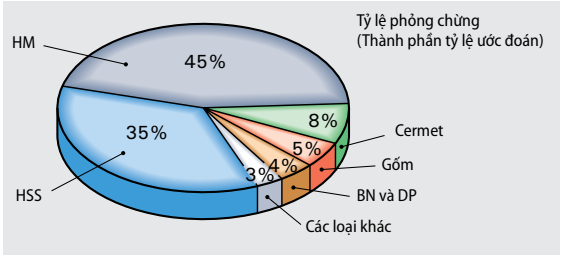


Hình 3: Phủ nhiều lớp ở hợp kim cứng

Nhiệm vụ của lớp phủ trên vật liệu cắt:
- Nâng cao độ mài mòn
- Ngăn chặn oxy hóa và khuếch tán
- Chắn nhiệt đối với vật liệu gốc (cơ bản, nền) của thép gió và hợp kim cứng
- Ngăn chặn sự cấu thành biên tích tụ

■ Tỷ lệ các vật liệu cắt

Vì những đặc tính đa dạng, hợp kim cứng có phủ lớp hay không phủ lớp là vật liệu dụng cụ cắt quan trọng nhất. Điều này được thể hiện rõ ràng qua phần tỷ lệ của vật liệu cho những dụng cụ cắt khác nhau (**Hình 4**).



Hình 4: Tỷ lệ của vật liệu cắt

Ôn tập và đào sâu

1. Tại sao tốc độ cắt ở dụng cụ cắt bằng thép gió thấp hơn dụng cụ cắt bằng hợp kim cứng?
2. Loại hợp kim cứng P20 và K20, cũng như loại P01 và P50 khác nhau ở điểm nào?
3. Ưu điểm của gốm hỗn hợp so với oxit gốm?
4. Trong trường hợp nào việc sử dụng kim cương làm vật liệu cắt là thuận lợi?

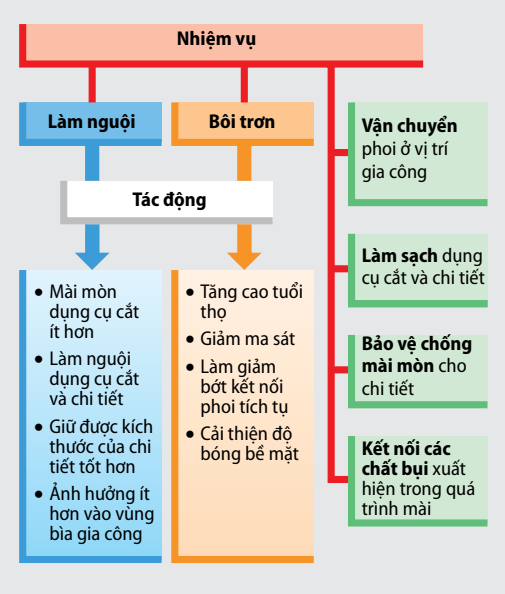
3.6.1.3 Dung dịch cắt gọt

Dung dịch cắt gọt (dung dịch bôi trơn làm nguội) là những chất phụ trợ thường không thể bỏ qua lúc gia công tạo phoi.

■ Chức năng của dung dịch cắt gọt

Chức năng chính của dung dịch cắt gọt là làm nguội và bôi trơn cho chi tiết và dụng cụ cắt. Ngoài ra dung dịch cắt gọt còn thực hiện các nhiệm vụ khác (**Hình 1**). Phoi và mạt sắt (chất mài mòn vì ma sát) được rửa sạch và loại bỏ ra ngoài vị trí tác động cắt gọt, thí dụ như lỗ khoan và khu vực làm việc của thiết bị (**Hình 2**). Vị trí gia công cắt gọt được làm sạch và chi tiết có được tác động chống gỉ sét (ăn mòn) trong thời gian ngắn. Bên cạnh việc làm nguội nhanh, một chức năng cũng quan trọng khác là sự kết nối bụi ở gia công mài.

> Dung dịch cắt gọt làm giảm nhiệt ở dụng cụ cắt, chi tiết và thiết bị. Dung dịch cắt gọt làm tăng tuổi thọ của dụng cụ cắt và độ bóng bề mặt của chi tiết.



Hình 1: Chức năng và tác động của dung dịch cắt gọt

■ Các loại dung dịch cắt gọt

Dung dịch cắt gọt có thể được chia thành hai nhóm chính:

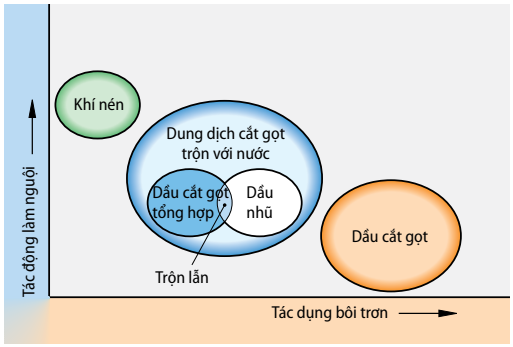
- Dầu cắt gọt nguyên chất
- Dầu cắt gọt trộn lẫn với nước

Dầu cắt gọt nguyên chất chủ yếu là dầu khoáng, trong đó một phần chất phụ gia được pha trộn vào. Dầu này có khả năng bôi trơn cao và chống ăn mòn (gỉ, sét) tốt. Khả năng dẫn nhiệt của dầu cắt gọt thấp cho nên tác dụng làm nguội không cao lắm so với dầu cắt gọt trộn lẫn với nước (**Hình 3**).

Dung dịch cắt gọt trộn lẫn với nước kết hợp được tác dụng làm nguội của nước và tác dụng bôi trơn của dầu. Để dầu có thể phân tán mịn trong nước, nước phải được cho vào khuấy liên tục. Qua đó hình thành **dầu nhũ** (dầu hòa tan, nhũ tương, emulsi), một hỗn hợp của hai chất lỏng. Thời gian sử dụng của dầu nhũ so với dầu cắt gọt thì ngắn hơn, bởi vì dầu nhũ dễ bị vi khuẩn tấn công. Dầu nhũ luôn luôn có chứa phụ gia để giữ nguyên đặc tính.

Dầu cắt gọt tổng hợp gồm dung môi được nhũ tương hóa trong nước hay tan ra trong nước, qua đó hình thành một dung dịch cắt gọt trong suốt có thể giúp cho quan sát được quá trình gia công. Trong một vài trường hợp, thí dụ như gia công chất dẻo, người ta sử dụng khí, trước hết là không khí để loại bỏ phoi.

Hình 2: Làm nguội bôi trơn với dầu nhũ emulsi



Hình 3: Tác động làm nguội và bôi trơn của dầu cắt gọt

■ Sự lựa chọn dung dịch cắt gọt

Sự lựa chọn dung dịch cắt gọt được xác định qua phương pháp gia công, vật liệu của chi tiết, vật liệu cắt gọt cũng như chế độ cắt gọt (**Bảng 1**).

■ Tác dụng của chất phụ thêm vào trong dung dịch cắt gọt

Chất phụ thêm vào còn gọi là chất **phụ gia**, có thể ảnh hưởng đến dung dịch cắt (**Bảng 2**). Ở dung dịch cắt gọt trộn lẫn với nước đều có chứa chất phụ gia. Chất **xúc tác nhũ tương** cần thiết để những giọt dầu nhỏ tan đều trong nước. Để nước không dẫn đến sự gỉ sét, bắt buộc dung dịch cắt phải có **chất chống gỉ sét**. Dung dịch cắt trộn nước có thể bị vi khuẩn và nấm tấn công, đặc biệt ở nhiệt độ cao và môi trường đầy chất bẩn. Để ngăn ngừa điều này, người ta thêm vào **chất bảo quản**.

Chất phụ gia áp lực cao (chất phụ gia epoxy chứa trong dầu cắt sử dụng trong gia công cắt gọt với lực cắt lớn) (**Hình 1**). Chất phụ gia phần lớn là lưu huỳnh và phốt pho tạo thành ở chi tiết một lớp phản ứng. Chất này ngăn chặn phản ứng hàn kim loại xảy ra khi gia công tạo phoi ở nhiệt độ cao và áp lực cao. Dung dịch cắt bôi trơn làm nguội còn có thể được bổ sung thêm chất chống tạo bọt (chất khử bọt).

■ Xử lý với dung dịch cắt gọt

Việc xử lý với dung dịch cắt gọt phải chú ý đến các biện pháp bảo vệ để không xảy ra nguy hiểm đến sức khỏe và tác động đến môi trường. Trước nhất các chất phụ gia trong dung dịch cắt gọt có thể gây thiệt hại đến sức khỏe. Đậy kín thiết bị hoàn toàn và hút hơi bốc từ dung dịch cắt có thể ngăn cản các chất nguy hại với nhân viên làm việc.

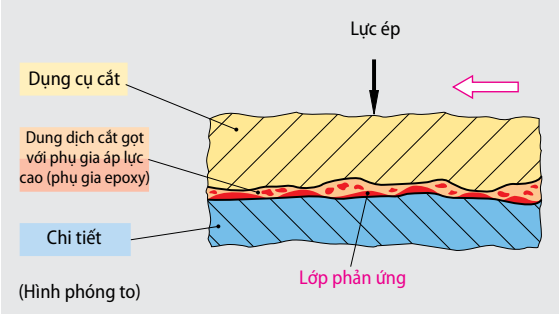
Sự đậm đặc của dầu nhũ emulsi phải được thường xuyên giám sát để bảo đảm tác dụng của dung dịch cắt gọt. Trong dầu nhũ emulsi chứa chất diệt có thể gây ra dị ứng, ngoài ra còn tẩy chất nhờn trong nước và dầu cho da. Nên tránh để da tiếp xúc lâu dài với dung dịch cắt gọt. Để phòng ngừa điều này nên thoa kem dưỡng da. Dung dịch cắt gọt là một loại chất thải đặc biệt do vậy việc xử lý chỉ được phép thực hiện bởi các xí nghiệp có chức năng. Việc xử lý phải được cập nhật vào sổ nhật ký.

Bảng 1: Sự lựa chọn dung dịch cắt gọt

Loại	Ứng dụng
Dầu nhũ emulsi Tác động làm nguội chiếm ưu thế so với tác dụng bôi trơn	• Ở nhiệt độ làm việc cao • Ở tiện, phay, khoan • Ở vật liệu dễ gia công
Dầu cắt gọt Tác dụng bôi trơn chiếm ưu thế so với tác dụng làm nguội	• Ở tốc độ cắt thấp • Chất lượng bề mặt cao (độ bóng cao) • Ở vật liệu khó gia công cắt gọt

Bảng 2: Ảnh hưởng của đặc tính qua việc thêm chất phụ gia vào dung dịch cắt gọt

Chất phụ gia	Mục đích, tác dụng
Chất xúc tác	Ngăn chặn sự tách rời giữa dầu và nước
Chất chống gỉ sét	Ngăn chặn gỉ sét ở chi tiết, dụng cụ và thiết bị
Chất bảo quản (chất diệt sinh)	Ngăn chặn vi khuẩn và nấm sinh sôi nảy nở, diệt mầm
Chất phụ gia áp lực cao	Ngăn chặn sự hàn dính kim loại ở áp lực cao



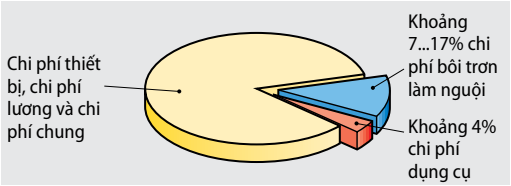
Hình 1 – Tác dụng của chất phụ gia áp lực cao (EP)

Biện pháp bảo vệ và xử lý với dung dịch cắt gọt

- Đậy máy, sử dụng hệ thống hút dầu
- Giám sát thường xuyên độ đậm đặc của dung dịch cắt gọt
- Tránh để da tiếp xúc lâu với dung dịch cắt gọt
- Dùng kem bảo vệ da
- Nếu được, dùng bao tay
- Phải thay quần áo làm việc bị bẩn vì dung dịch cắt gọt
- Ngăn ngừa dung dịch cắt gọt tiếp xúc với da nhờn
- Dung dịch cắt gọt phải được xử lý thích hợp.

■ Gia công khô

Tổng chi phí cho việc sử dụng dung dịch cắt gọt (bao gồm bảo dưỡng và xử lý) trong chi phí sản xuất có phần cao hơn chi phí của dụng cụ cắt gọt (**Hình 1**). Nếu xử lý không hợp lý với dung dịch cắt gọt thì có thể làm hại đến với sức khỏe và ảnh hưởng đến môi trường. Bởi lý do đó người ta tìm cách loại trừ việc sử dụng dung dịch cắt gọt. Do thiếu làm nguội vật liệu cắt phải có độ cứng nóng hơn ở gia công khô. Lớp phủ làm giảm áp lực của nhiệt và sự mài mòn do ma sát của vật liệu cắt gọt. Phoi không được phép tích lũy ở chỗ làm việc (phạm vi gia công), để sự chính xác gia công không bị suy giảm bởi sự truyền nhiệt của thiết bị. Đối với phương pháp gia công có lực xoắn hay lực ma sát lớn, thí dụ như ven răng thì gia công khô không thích hợp.

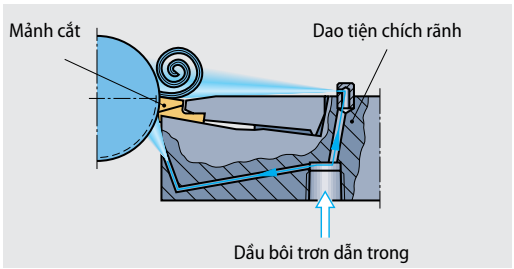


Hình 1: Phần chi phí của dung dịch cắt gọt đối với tổng chi phí

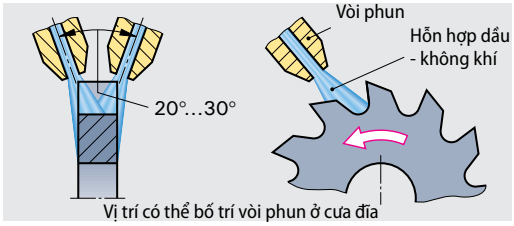
Hình 2: Lượng bôi trơn tối thiểu ở phay với một đầu phay

■ Bôi trơn với lượng tối thiểu

Bôi trơn với lượng tối thiểu là sự cung cấp rất ít dung dịch bôi trơn đến vị trí cắt tạo phoi. Trong một thiết bị định lượng với sự trợ giúp của khí nén, một hỗn hợp dầu - không khí được hình thành và dẫn đến mũi cắt. Với sự điều chỉnh phù hợp của hệ thống thì lượng cần thiết để hình thành một màng mỏng bôi trơn đầy đủ giữa dụng cụ và chi tiết có thể ít hơn 20ml dung dịch bôi trơn mỗi giờ. Vì lượng dung dịch bôi trơn ít nên chi tiết, máy và phoi luôn ở trong tình trạng khô (**Hình 2**). Tính chất quyết định hiệu quả của sự bôi trơn với lượng tối thiểu là tác động chính xác hỗn hợp dầu - không khí lên trên mặt phoi và mặt thoát của dụng cụ. Việc cung cấp hỗn hợp từ bên trong được dẫn qua các kênh trong dụng cụ (**Hình 3**), còn cung cấp hỗn hợp từ bên ngoài được thực hiện qua các ống có khớp và vòi phun (**Hình 4**).



Hình 3: Việc dẫn dầu bôi trơn từ bên trong



Hình 4: Việc dẫn dầu bôi trơn từ bên ngoài

Ưu điểm của sự bôi trơn tối thiểu so với gia công ướt là:

- Tuổi thọ dụng cụ cắt thường cao hơn.
- Chi tiết khô và phoi sạch, khỏi cần phải làm sạch.
- Dung dịch bôi trơn không có chứa chất phụ gia và có thể phân hủy sinh học.
- Chi phí chăm sóc và chi phí xử lý của dung dịch cắt gọt không cần thiết.
- Ít tiêu hao dung dịch bôi trơn.
- Xung quanh chỗ làm việc sạch sẽ, không nguy hiểm đến sức khỏe của công nhân, tác động môi trường thấp.

Ôn tập và đào sâu

1 Tại sao dầu nhũ có chứa những chất phụ gia?

2 Những vấn đề về sức khỏe nào có thể xảy ra khi xử lý dung dịch cắt gọt không đúng?

3 Yêu cầu gì được thực hiện khi gia công khô ở dầu cắt?

3.6.2 Cưa

Cưa là phương pháp gia công có phoi để cắt tách rời nguyên vật liệu dạng cây, dạng ống hay cưa đứt đường biên dạng và cắt đường rãnh.

■ Cưa tay

Cưa tay thường dùng là cưa cần. Lưỡi cưa phải được gắn vào khung cưa và để răng cưa đúng chiều với chiều đường cưa. (**Hình 1**).

Bước răng là khoảng cách giữa răng này đến răng kia. Trên lưỡi cưa có cho biết số lượng răng trên chiều dài một inch để biết được bước răng. Để lưỡi cưa khi vận hành không bị vấp hay móc, luôn luôn phải có nhiều răng ăn tiếp xúc vào phôi. Chi tiết có thành mỏng và có mặt cắt rỗng thì dùng lưỡi cưa răng nhuyễn (**Hình 2**). Khoảng hở răng phải tiếp nhận phoi xuất hiện trong gia công một cách dễ dàng, không bị nén vào nhau. Với chiều dài đoạn tiếp xúc cắt dài phải dùng lưỡi cưa có bước răng thô. Bước răng của lưỡi cưa còn tùy thuộc vào độ bền của vật liệu cưa (**Bảng 1**). Vật liệu cưa có độ bền cao cần dùng lưỡi cưa với bước răng nhuyễn để qua đó có nhiều răng hơn khi tiếp xúc. Vật liệu cưa có độ bền thấp chỉ cần lưỡi cưa với bước răng thô để có buồng chứa phoi lớn.

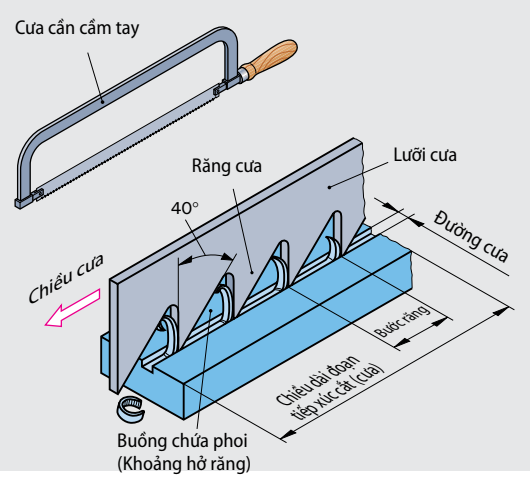
Quy tắc làm việc

- Răng của lưỡi cưa phải chỉ đúng chiều với chiều đường cưa
- Lưỡi cưa với bước răng thô được sử dụng để cưa vật liệu mềm và ở chiều dài đoạn tiếp xúc cắt dài.
- Lưỡi cưa có bước răng nhuyễn dùng để cưa những vật liệu có độ bền cao và chi tiết có thành mỏng.

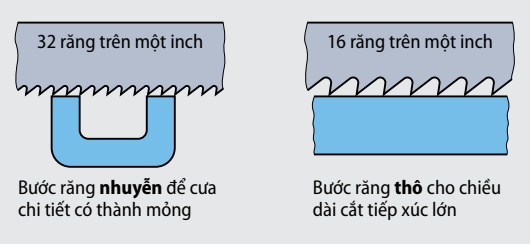
■ Mặt cắt thoát của lưỡi cưa

Lưỡi cưa phải cắt tự do cả hai bên hông để không kẹt dính vào đường cưa. Làm mũi cưa (làm lưỡi) có nghĩa là bẻ răng thay đổi qua phải và qua trái hoặc làm dợn sóng lưỡi cưa nhằm tạo rộng đường cưa và ngăn chặn việc lưỡi cưa bị mắc kẹt (**Hình 3**). Ở bước răng nhuyễn người ta sử dụng chủ yếu là lưỡi cưa dợn sóng.

Mặt cắt thoát của lưỡi cưa được tạo ra nhờ làm mũi (bẻ răng cưa qua lại).



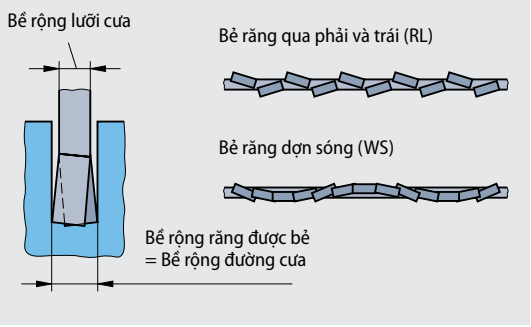
Hình 1: Cưa với cưa cần



Hình 2: Bước răng ở chiều dài cắt tiếp xúc khác nhau

Bảng 1: Bước răng để cưa các vật liệu khác nhau

Bước răng		Vật liệu
	16 răng trên một inch ≙ thô	Nhôm, đồng đỏ, chất dẻo
	22 răng trên một inch ≙ trung bình	Thép chế tạo không có hợp kim, hợp kim Cu Zn
	32 răng trên một inch ≙ nhuyễn	Thép hợp kim, thép đúc



Hình 3: Mặt cắt thoát của lưỡi cưa

■ Cưa bằng máy

Sự sản xuất với số lượng có xu hướng nhỏ dần dẫn đến việc cần thiết phải cưa cắt phôi một cách linh hoạt. Cưa là bước gia công đầu tiên để chế tạo chi tiết do đó càng ngày càng quan trọng hơn. Các loại cưa được sử dụng ở đây là máy cưa cần, máy cưa vòng, máy cưa đĩa.

Máy cưa cần

Để cưa bán thành phẩm có đường kính đến 500 mm, người ta sử dụng phần lớn máy cưa cần vì chi phí trang bị và chi phí dụng cụ thấp (**Hình 1**). Vật liệu của lưỡi cưa thông thường bằng thép dụng cụ cắt tốc độ nhanh (thép gió). Lưỡi cưa nâng lên khỏi chi tiết lúc chạy trở về.

Hình 1: Máy cưa cần

Máy cưa dây vòng

Máy cưa vòng không chỉ thích hợp cho việc cưa với đường cắt nhỏ hơn mà còn cho cả đường cắt rất lớn (**Hình 2**). Lưỡi cưa dây vòng có chiều dày từ 0,65 đến 1,3 mm. Do bề rộng đường cưa nhỏ nên vật liệu tiêu hao thấp. Độ cứng cắt của lưỡi cưa dây vòng được quyết định chủ yếu bởi bề ngang của dây cưa. Với chiều dài cắt lớn phải dùng dây cưa rộng bản.

Hình 2: Máy cưa dây vòng

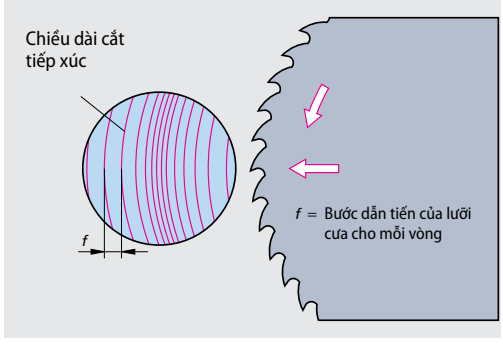
Hình dạng răng của dây cưa vòng tùy thuộc theo vật liệu cưa và tiết diện vật liệu (**Hình 3**). Với lưỡi cưa dây bằng thép dụng cụ với răng cắt được tôi cứng có thể dùng để cưa thép không hợp kim và thép có hợp kim thấp. Đối với lưỡi cưa lưỡng kim, răng cưa được làm bằng thép dụng cụ chống mài mòn, và dây mang lưỡi cưa làm bằng thép hợp kim được nhiệt luyện. Lưỡi cưa dây có răng cắt bằng hợp kim cứng dùng để cưa thép (với độ cứng đến 60 HRC) và chất dẻo được gia cố bằng sợi.

Hình dạng răng	Ứng dụng
Răng tiêu chuẩn, góc tạo phoi 0^0	Cho thép có thành phần C cao, có tiết diện mỏng
Răng có vấu, góc tạo phoi 5 đến 15^0	Cho thép có chứa C < 0,8%, kim loại không có sắt, tiết diện cắt lớn
Răng thưa, góc tạo phoi 0^0	Cho vật liệu giòn thí dụ như hợp kim đồng, tiết diện cắt lớn
Răng hình thang, góc tạo phoi dương	Hiệu suất cắt gọt cao, cho lưỡi cưa dây vòng ghép hợp kim cứng

Hình 3: Hình dạng răng của cưa dây vòng

Máy cưa đĩa (cưa mâm)

Máy cưa đĩa thích hợp để cưa bán thành phẩm với đường kính đến khoảng 140 mm, bởi vì chỉ có thể sử dụng được 1/3 đường kính đĩa cho phạm vi làm việc của lưỡi cưa đĩa. Đường cắt với lưỡi cưa đĩa bằng thép gió HSS hay có gắn mảnh hợp kim cứng cho thấy bề mặt có độ nhấp nhô thấp. Bước dẫn tiến ở cưa có thể được điều khiển qua chương trình số NC để lực cắt cưa không thay đổi nhằm thích nghi với mặt cắt vật liệu (**Hình 4**).



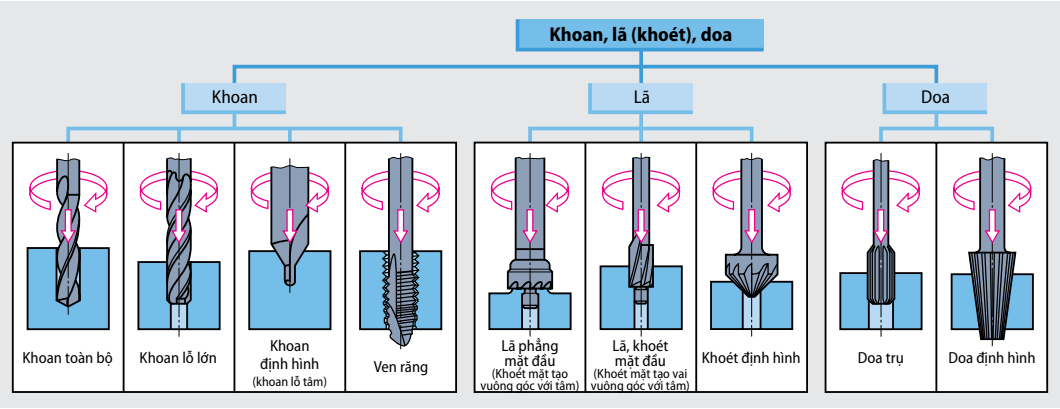
Hình 4: Bước dẫn tiến điều khiển bằng chương trình số (NC)

Ôn tập và đào sâu

1. Sự lựa chọn bước răng của lưỡi cưa phụ thuộc vào đâu?
2. Những ứng dụng nào phù hợp với các loại cưa máy?

3.6.3 Khoan, khoét (lã), doa

Khoan, ven răng, lã và doa là những phương pháp gia công tạo phoi phần lớn với dụng cụ nhiều cạnh cắt và với những điều kiện cắt và bước dẫn tiến gần giống nhau (**Hình 1**).



Hình 1: Các phương pháp gia công khoan, lã, doa

3.6.3.1 Quy trình khoan và những thông số gia công cắt gọt

Trong quá trình khoan dụng cụ thường dẫn một chuyển động cắt tròn, trong khi đó bước dẫn tiến chuyển động thẳng theo chiều của trục quay (**Hình 2**). Nhờ lực của bước dẫn tiến, dụng cụ cắt đi vào vật liệu khoan. Chuyển động cắt hình tròn tạo ra lực cắt. Tốc độ cắt v_c được xác định tùy theo loại mũi khoan, phương pháp khoan, vật liệu khoan và theo yêu cầu của chất lượng gia công (**Bảng 1**). Nó có ảnh hưởng lớn nhất đến tuổi thọ mũi khoan. Do sự đa dạng của các loại lưỡi khoan, vật liệu cắt và lớp phủ là những trị số ấn định của nhà sản xuất dụng cụ cần được lưu ý.

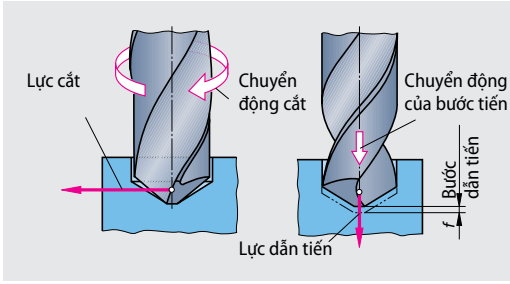
Vòng quay n có thể đọc ở biểu đồ vận tốc hay được tính bằng tốc độ cắt v_c với đường kính lưỡi khoan

Số vòng quay $$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$$

Bước dẫn tiến *f* (mm) mỗi vòng tùy thuộc và vật liệu khoan, vật liệu cắt của lưỡi khoan, đường kính của lưỡi khoan, phương pháp khoan và chiều sâu khoan (Bảng 1). Nó ảnh hưởng đến cấu tạo phoi và công suất yêu cầu.

Tốc độ bước dẫn tiến v_f (mm/phút) được tính bằng số vòng quay n và bước dẫn tiến.

Tốc độ bước dẫn tiến $$v_f = n \cdot f$$



Hình 2: Lực và chuyển động trong phương pháp khoan

Bảng 1: Thông số cắt đề nghị cho lưỡi khoan bằng thép gió HSS có phủ lớp với chiều sâu khoan đến 5 lần đường kính lưỡi khoan

Vật liệu của chi tiết	v_c m/phút[1)]	f (mm cho Ø lỗ khoan) >3...6	>6 ...12	>12... 25	Làm nguội[2)]
Thép $R_m \leq 800 N/mm^2$	40	0,10	0,15	0,28	E,S
Thép $R_m = > 800 N/mm^2$	20	0,08	0,10	0,15	E,S
Thép không gỉ $R_m \geq 800 N/mm^2$	12	0,06	0,08	0,12	E,S
Gang đúc, gang dẻo ≤ 250 HB	20	0,20	0,30	0,40	E, M, T
Hợp kim nhôm $R_m \leq 350 N/mm^2$	45	0,20	0,30	0,40	E, M, S
Nhựa chịu nhiệt	50	0,15	0,30	0,40	T

[1)] Trị số cắt (giá trị chuẩn) được đề nghị tăng ở điều kiện thuận lợi, giảm ở điều kiện không thuận lợi

[2)] E = Dung dịch emulsi (10-12%) S= dầu cắt M = Bôi trơn với lượng tối thiểu (T = Làm nguội khô, bằng khí nén)

Để gia công khoan đúng kỹ thuật, ta cần lưu ý đến yêu cầu về độ chính xác của lỗ khoan cũng như về các mặt công nghệ (thí dụ như tốc độ cắt, khả năng kẹp chặt...), kinh tế và yếu tố môi trường.

Từ lựa chọn tốc độ cắt và đường kính lỗ khoan ta được số vòng quay và qua số vòng quay với bước dẫn tiến ta được tốc độ bước dẫn tiến.

Thí dụ: Một chi tiết bằng thép nhiệt luyện 34Cr4 có bề dày 30mm được khoan lỗ có đường kính d = 10mm

a) Với lưỡi khoan bằng thép gió HSS ta sẽ chọn vận tốc cắt v_c và vận tốc bước dẫn tiến f nào?

b) Tính số vòng quay và tốc độ bước tiến?

Lời giải: Chọn Bảng 1, trang 122

a) v_c = 20m/phút, f = 0,12 mm

b) Số vòng quay $n = \frac{v_c}{d \,.\, \pi} = \frac{20 \text{ m/phút}}{0{,}01 \text{ m} \,.\, \pi}$

$= \mathbf{637 \text{ vòng/phút}}$

$v_f = f.n$ = 0,10mm . 637 vòng/phút

$= \mathbf{63{,}7 \text{ mm/phút}}$

Đối với điều kiện bình thường thì áp dụng bảng giá trị chuẩn của nhà sản xuất dụng cụ cắt. Ở điều kiện có thay đổi thì phải điều chỉnh giá trị cắt (**Bảng 1, trang 122**).

■ Mũi khoan xoắn

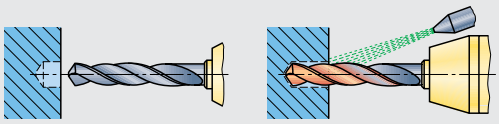
Mũi khoan xoắn là dụng cụ thường dùng để khoan các lỗ khoan có đường kính đến 20mm và chiều sâu đến 5 lần đường kính mũi khoan. Mũi khoan xoắn có cấu tạo chủ yếu là chuôi và phần cắt với đỉnh mũi khoan (**Hình 1**).

Dạng hình học lưỡi cắt. Hình dạng cơ bản của cạnh cắt mũi khoan là con nêm (lưỡi đục) Hai rãnh xoắn thoát phoi đối xứng với nhau cấu thành **lưỡi cắt chính** và **lưỡi cắt phụ** và **đường biên dẫn**. Mũi khoan xoắn được làm non đi 0,02 mm đến 0,08 mm trên 100 mm chiều dài của rãnh xoắn thoát phoi đến chuôi nhằm làm giảm sự cọ sát đường biên dẫn ở trong lỗ khoan.

Hình dạng và bước của rãnh xoắn xác định độ lớn của **góc tạo phoi** γ, nó là góc lớn nhất, từ cạnh cắt đến tâm (trục) mũi khoan thì giảm và từ cạnh cắt ngang đến tâm mũi khoan thì âm. Một góc khác được sử dụng thay thế cho góc tạo phoi thực sự là **góc tạo phoi bên** γ_f, trên chu vi mũi khoan nó tương ứng với **góc xoắn**. Góc này phụ thuộc vào vật liệu gia công và được liên kết với các **loại N, H** và **W** (**Bảng 2**).

Bảng 1: Điều kiện khoan

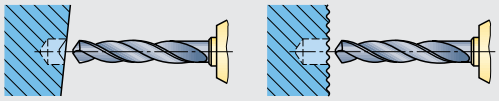
Điều kiện khoan bình thường



Bề mặt thẳng — Làm nguội đầy đủ

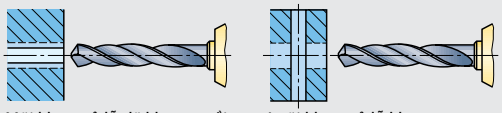
Áp dụng các giá trị chuẩn

Điều kiện khoan thích nghi



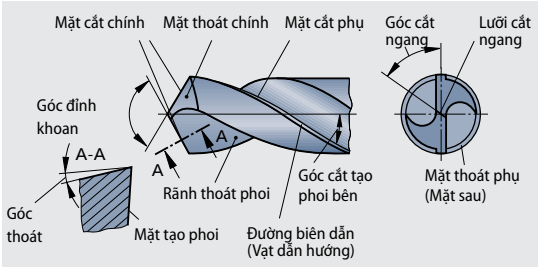
Khoan vào và khoan ra ở mặt nghiệng — Bề mặt gồ ghề

Khi bề mặt vào và bề mặt ra chênh lệch đến 20⁰ ở đường thẳng góc với tâm mũi khoan, thì bước dẫn tiến giảm cho đến khi mũi khoan cắt đủ vòng đường kính, hoặc bề mặt được phay phẳng trước



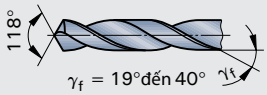
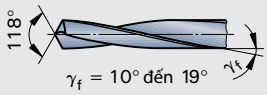
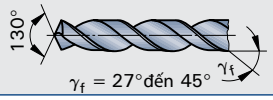
Mũi khoan ở lỗ đã khoan mồi — Lưỡi khoan ở lỗ khoan ngang

Bước dẫn tiến và tốc độ cắt phải được giảm



Hình 1: Phần thân cắt ở mũi khoan xoắn

Bảng 2: Các loại mũi khoan xoắn

 γ_f = 19°đến 40°	**Loại N** Áp dụng bình thường cho thép mềm, gang xám, thép không gỉ
 γ_f = 10° đến 19°	**Loại H** Cho vật liệu cứng và giòn, thí dụ như: thép cứng cao, vật liệu ép tấm (vật liệu từ nhiều lớp ép lại)
 γ_f = 27°đến 45°	**Loại W** Cho vật liệu mềm và dai thí dụ như nhôm, hợp kim đồng và hợp kim kẽm

Góc ở giữa lưỡi cắt chính gọi là **góc đỉnh khoan** (**góc nhọn**). Góc đỉnh khoan lớn hơn dẫn đến việc mũi khoan ăn lệch, qua đó đường kính khoan lớn hơn. Góc đỉnh khoan nhỏ tuy đảm bảo việc định tâm tốt và thải nhiệt tốt, nhưng lại làm tăng độ mài mòn của cạnh cắt. Góc đỉnh khoan 90^0 được sử dụng để khoan chất dẻo cứng thường tạo ra tác động mài mòn mạnh. Góc đỉnh khoan 130^0 cho vật liệu mềm và dai với kết quả dẫn phoi tốt hơn. Với kim loại nhẹ cho phoi dài góc đỉnh khoan được mài 140^0.

Phần lớn những mũi khoan xoắn có góc đỉnh khoan là 118^0.

Góc thoát phát sinh ra qua mài vạt phía sau của mặt thoát chính. Góc này phải đủ lớn để mũi khoan với bước tiến lớn cũng cắt được dễ dàng (tự do). Tuy nhiên góc thoát không được mài lớn hơn cần thiết vì như thế sẽ làm yếu đi cạnh cắt và có khuynh hướng làm rung với tiếng kêu lạch cạch lúc khoan.

Lưỡi đục (**lưỡi cắt ngang**) làm trở ngại quá trình tạo phoi vì nó chỉ làm cho vật liệu bị nghiền ra mà không cắt.

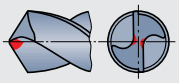
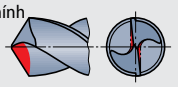
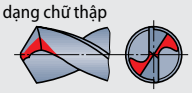
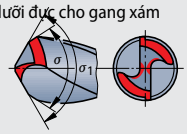
Việc mài vạt đúng ở phía sau của mũi khoan với góc đỉnh là 118^0 có thể nhận biết qua lưỡi đục với lưỡi cắt chính tạo thành góc mũi tâm là 55^0.

Để giảm thiểu lực dẫn tiến và cải thiện việc phoi thoát ra trong phạm vi lưỡi cắt ngang, những dạng mài cho các ứng dụng đặc biệt được hướng dẫn trong **Bảng 1**. Thay đổi đơn giản nhất của mài chuẩn là **làm nhọn lưỡi đục,** bề dài của lưỡi đục tối thiểu phải bằng 1/10 đường kính mũi khoan để đỉnh của mũi khoan không bị yếu đi quá nhiều.

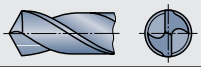
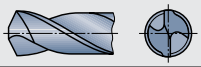
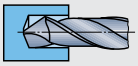
■ Mài mũi khoan xoắn

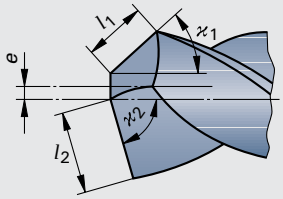
Bề mặt thoát của mũi khoan phải được mài mất hết các chỗ mòn của lưỡi cắt chính và lưỡi ngang cũng như đường biên dẫn phoi. Nếu không loại trừ việc mài mòn ở đường biên dẫn phoi thì mũi khoan sẽ bị bó (mắc kẹt). **Lỗi mài sai** tác động đến sự chính xác của kích thước và độ bóng bề mặt của lỗ khoan cũng như tuổi thọ của mũi khoan (**Bảng 2**). Để tránh sai sót, mũi khoan phải được mài tỉ mỉ và được kiểm tra bằng **dưỡng mài mũi khoan** hoặc bằng kính hiển vi kiểm tra dụng cụ (**Hình 1**).

Bảng 1: Các hình dạng mài ở mũi khoan xoắn

Làm nhọn lưỡi đục 	Giảm lực dẫn tiến, cải thiện tính đồng tâm
Làm nhọn lưỡi đục và chữa lưỡi cắt chính 	Sự ổn định của lưỡi khoan, ngăn ngừa không để mũi khoan bị vấp và rút vào vật liệu, mà không cần cắt
Mài dạng chữ thập 	Lưỡi cắt ngang được chia thành hai lưỡi cắt phụ, lưỡi cắt ngang còn lại 0,3 đến 0,5 mm. Ứng dụng cho lưỡi khoan sâu
Mài lưỡi đục cho gang xám 	Góc đỉnh từ 118^0 qua bổ sung một góc 90^0 thứ hai Ngăn ngừa mẻ ở lưỡi cắt góc, sự tản nhiệt được cải thiện.

Bảng 2: Lỗi mài sai ở mũi khoan xoắn

Góc thoát quá nhỏ 	Lực dẫn tiến quá lớn, mũi khoan gãy
Góc thoát quá lớn 	Lưỡi cắt gãy, mũi khoan vấp
Chiều dài lưỡi cắt không đều	Lỗ khoan quá lớn
Góc không đều 	Chỉ cắt bằng một lưỡi, mũi khoan mau cùn



l_1, l_2 Chiều dài lưỡi cắt chính

κ_1, κ_2 Góc điều chỉnh

e Độ lệch tâm của lưỡi cắt ngang

Giá trị giới hạn cho $d = 10 \ldots 20$ mm: $l_1 - l_2 < \pm 0{,}1$ mm
$\kappa_1 - \kappa_2 < \pm 0{,}33°$

Hình 1: Kích thước để kiểm tra cho mũi khoan xoắn

■ Vật liệu cho mũi khoan xoắn

Vật liệu sử dụng cho mũi khoan xoắn là thép gió (HSS) và hợp kim cứng (HM).

Thép gió (**HSS**) có độ dai cao, do vậy đặc biệt thích hợp cho mũi khoan xoắn. Thép gió có chứa thêm coban (HSS-E) đạt độ bền mài mòn cao và độ cứng nóng cao.

Mũi khoan bằng thép gió có thể bổ sung thêm một **lớp phủ** thường là titan nitrit (TiN) làm giảm mài mòn. Lớp phủ này rất cứng, có sức bền chống mài mòn và chống nhiệt.

Ưu điểm của mũi khoan xoắn có lớp phủ:

- Ứng dụng cho tất cả vật liệu, trừ các chất dẻo được gia cố bằng sợi có tác động mài mòn (thí dụ như chất dẻo được gia cố bằng sợi thủy tinh hay sợi carbon).
- Độ bóng bề mặt cao, bởi vì điều kiện trượt ở lưỡi cắt và rãnh phoi được tối ưu.
- Tuổi thọ lớn ở tốc độ cắt cao và bước dẫn tiến lớn hơn.

Mũi khoan xoắn với mảnh cắt hợp kim cứng được hàn ghép hay kẹp hoặc đỉnh lưỡi khoan có thể tháo lắp được, tận dụng kết hợp độ bền mài mòn cao ở đỉnh mũi khoan bằng hợp kim cứng và độ đàn hồi của thân mũi khoan bằng thép gió HSS (**Hình 1**).

Với mũi khoan ghép với **mảnh hợp kim cứng trở mặt** phù hợp để khoan sâu với chiều sâu đến 5 lần đường kính (5xD) ở tốc độ cắt cao và bước dẫn tiến không lớn quá, cũng như với vật liệu khoan khó cắt tạo phoi.

So sánh với mũi khoan hợp kim thép gió HSS có lớp phủ thì chi phí để mài lại **mũi khoan hợp kim cứng** thuận lợi hơn vì không cần thiết có lớp phủ lại.

Ưu điểm của mũi khoan hợp kim cứng nguyên khởi

- Do độ bền vững cao có thể khoan sơ không cần khoan mồi tâm trước và đuối khoan cũng như có thể khoan sơ ở mặt nghiêng đến 8^0.
- Đến IT8 có thể khoan thủng trực tiếp
- Thời gian sử dụng lâu (tuổi thọ cao) ở tốc độ cắt cao
- Thích hợp với vật liệu khoan cứng và chống mài mòn.

■ Sự mài mòn của dụng cụ

Mũi khoan mòn thể hiện đồng thời qua ứng suất cơ và ứng suất nhiệt. Nguyên nhân quan trọng nhất là sự khuếch tán, cọ mòn cơ khí, nẹt lửa và nứt mẻ vì biên tích tụ (lẹo dao) (**Bảng 1**).

Hình 1: Mũi khoan với mảnh cắt trở mặt được hàn và kẹp, đỉnh mũi khoan tháo lắp được và mũi khoan bằng hợp kim cứng hoàn toàn

Bảng 1: Nguyên nhân vấn đề mài mòn ở mũi khoan hợp kim cứng HM

Dạng mài mòn	Nguyên nhân
Kết cấu biên tích tụ	Tốc độ cắt quá thấp Không có lớp phủ Thành phần dầu trong dung dịch cắt quá ít.
Lưỡi cắt bị mẻ	Khoan cắt đứt quãng Thiếu dung dịch cắt, vật liệu cắt quá giòn
Mòn ở cạnh cắt góc và đường biên	Vận tốc cắt quá cao Bước dẫn tiến quá thấp Vật liệu cắt ít chống mài mòn Thiếu dung dịch cắt
Mòn đường biên	Thiếu dung dịch cắt Tốc độ cắt quá lớn Chi tiết quá cứng
Mòn lưỡi đục (mòn lưỡi cắt ngang)	Tốc độ cắt quá thấp Bước dẫn tiến quá cao Bề ngang lưỡi đục quá nhỏ

■ Chọn dụng cụ và sự cố khoan

Sự chọn lựa mũi khoan tùy thuộc theo yêu cầu chất lượng của lỗ khoan, tính kinh tế cũng như điều kiện khoan (**Bảng 1**).

Cách tiến hành việc lựa chọn dụng cụ

- Chọn loại mũi khoan phải phù hợp với đường kính, chiều sâu lỗ khoan và trường hợp ứng dụng.
- Kiểm tra xem khi chọn loại mũi khoan có đạt được dung sai yêu cầu không, độ bóng bề mặt có đạt được hay không và vật liệu có phù hợp để gia công tạo phoi hay không.
- Ở mũi khoan bằng hợp kim cứng, chọn loại vật liệu cắt tùy theo vật liệu gia công, với mảnh hợp kim trở mặt chọn thêm hình dạng mảnh cắt.
- Chọn loại chuôi lắp ghép, thí dụ như ti (cốt) xi lanh ở mâm kẹp thủy lực.

Chọn thông số cắt

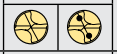
Tốc độ cắt và dẫn tiến được xác định bởi vật liệu của chi tiết và loại mũi khoan (**Bảng 1, trang 122**). Với chi tiết bằng thép hợp kim cao tốc độ cắt được chọn với giá trị cao nhất để giữ cho sự cấu tạo biên tích tụ ít. Ở chiều dài lỗ khoan trên 5xD thì bước dẫn tiến giảm khoảng 25 %.

Trong bất cứ trường hợp nào cũng phải chú ý đến sự giới thiệu của nhà sản xuất về dung dịch cắt gọt và phương pháp làm nguội.

Phoi thoát ra và hình dạng phoi được đánh giá trong quá trình khoan và chỉnh sửa trị số cắt tùy theo hoàn cảnh xảy ra lúc khoan (**Bảng 2**).

Biện pháp giải quyết sự cố ở khoan (**Bảng 3**) rất cần thiết khi chất lượng không đạt và khi hiệu quả kinh tế hay an toàn sản xuất có nguy cơ bị mất.

Bảng 1: Chọn mũi khoan (trích)

••• = rất tốt •• = tốt • = có thể được	Mũi khoan HSS	Mũi khoan HM được hàn	Mũi khoan HM toàn bộ bằng hợp kim cứng		Mảnh cắt trở mặt HM
					
Đường kính mũi khoan	2,5... 12	9,5... 30	3... 20		12 ... 60
Chiều sâu lỗ khoan	2 ... 6xD	3 ... 5xD	2 ... 5xD		2 ... 4xD
Vật liệu:					
Thép	•••	•••	•••	•••	•••
Thép, tôi cứng	•	•••	••	•••	•••
Thép, không gỉ	••	••	•	•••	•••
Gang xám	•••	•••	•••	•••	•••
Hợp kim nhôm	••	••	••	•••	•••
Phẩm chất bề mặt Rz	3 µm	1 ... 2µm	1 ... 2 µm		1 ... 5 µm
Dung sai lỗ khoan	IT 10	IT 8-10	IT 8-10		+0,4/–0,1
Áp dụng:					
Khoan thông thường,	•••	•••	•••		•••
Mặt nghiêng,	••		•		•••
Khoan qua lỗ ngang,	••		•		•••
Khoan nhúng (lệch tâm, khoan nhào),					•••
Khoan lớp	••	••	••		•

Bảng 2: Tối ưu hóa dạng phoi

dạng phoi quá chặt	dạng phoi tối ưu	dạng phoi quá dài
v_c tăng lên trong giá trị cho phép, trường hợp không đáp ứng thì hạ f xuống		v_c giảm trong giá trị cho phép, trường hợp không đáp ứng thì tăng f

Bảng 3: Biện pháp giải quyết những vấn đề khi khoan

Biện pháp khắc phục	Vấn đề mài mòn			Vấn đề tổng quát					
	Lưỡi cắt chính mòn nhiều	Đường biên mòn nhiều	Cạnh cắt mòn	Đỉnh mũi khoan bị hủy hoại, mũi khoan gãy	Lỗ khoan có đường kính quá lớn	Phoi nghẹt ở rãnh thoát phoi	Rung, có tiếng kêu	Lỗ khoan có sai lệch hình dạng	Tuổi thọ kém
Tăng tốc độ cắt					•	•			
Giảm bớt tốc độ cắt			•						
Giảm bước dẫn tiến	•				•	•	•	•	
Kiểm tra lại việc chọn vật liệu cắt	•	•	•	•					•
Tăng cường độ ổn định của dụng cụ và chi tiết khoan		•	•	•	•		•	•	•
Tăng cường việc dẫn dung dịch cắt, làm sạch bộ lọc	•					•			•

■ Những phương pháp khoan và dụng cụ khoan khác

Khoan định hình

Mũi khoan tâm thực hiện lỗ tâm cho mũi chống để tiện và mài (**Hình 1**). **Mũi khoan sơ NC** (**Hình 2**) phục vụ để khoan sơ đúng vị trí vào toàn bộ phôi hay khoan lấy tâm trên máy khoan điều khiển bằng kỹ thuật số (NC). Nó được chế tạo với góc đỉnh từ 90^0 hoặc 120^0 và có thể lã (khoét) đồng thời với lỗ định tâm để ven răng sau này.

Dụng cụ (có) hệ thống

Với **dụng cụ hệ thống** hiện đại người ta có thể gia công các lỗ khoan đòi hỏi độ chính xác cao và lỗ khoan định hình, thí dụ vỏ bơm, toàn bộ với một dụng cụ. Dụng cụ để xử lý là **mũi khoan nhiều bậc** (**Hình 3**) hay **mũi khoan hệ thống**, gồm một giá mang, thanh trượt dẫn hướng điều chỉnh được và một bộ phận cắt với lưỡi cắt có thể thay đổi và điều chỉnh. Việc xử lý sau (gia công lại) như doa và lã thường có thể loại bỏ.

Dụng cụ hệ thống thường được sử dụng trong **hệ thống dụng cụ khoan** (**Hình 4**). Trục gá tạo nơi tiếp xúc giữa dụng cụ khoan và máy. Để momen quay (ngẫu lực) và lực bước tiến truyền qua dễ dàng, không được để xảy ra chạy trượt và đẩy theo chiều dọc ở gá kẹp. Độ lệch tâm (tâm sai) và độ bền vững thấp là những nguyên nhân thường gặp ở khoan (Trang 126).

Khoan quẹt rộng (Khoan lớn ra)

Khoan quẹt rộng là khoan rộng ra lỗ đã khoan, lỗ đúc sẵn hay lỗ đã dập trước hoặc khoan chỉnh lại hai lỗ bị lệch.

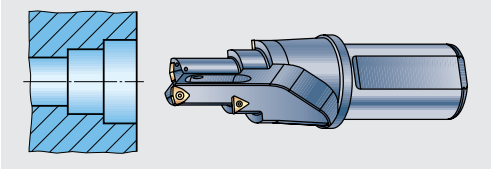
Lưỡi quẹt (**Lưỡi lã xoắn**) là những dụng cụ có từ một đến bốn lưỡi cắt (**Hình 5**). Đường kính mép vát được tính toán sao cho tối thiểu phải đạt được là 70% so với đường kính lỗ khoan đã chuẩn bị trước. Tốc độ cắt và bước dẫn tiến được chọn cũng như khoan với mũi khoan bằng thép gió HSS.

Dụng cụ khoan quẹt rộng với mảnh hợp kim cứng dùng để khoan các lỗ có đường kính lớn (**Hình 6**). **Đầu khoan tinh chính xác** (**Hình 7**) có thể chỉnh đường kính của lỗ qua một thước có du xích trong phạm vi µm. Khoan quẹt rộng áp dụng để khoan hoàn chỉnh hay khoan tinh các lỗ khoan đã khoan trước.

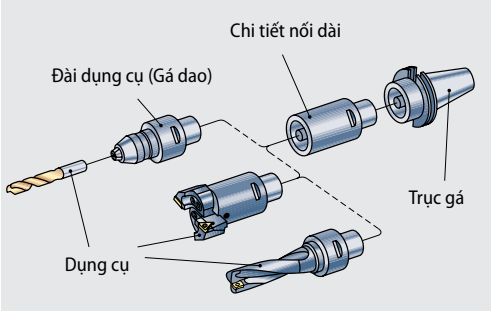
> Dụng cụ khoan quẹt rộng dùng chỉnh sửa kích thước chính xác, hình dáng chính xác và vị trí chính xác cũng như độ bóng bề mặt của lỗ khoan.

Hình 1: Lỗ khoan tâm với mũi khoan tâm

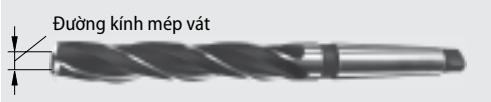
Hình 2: Mũi khoan NC



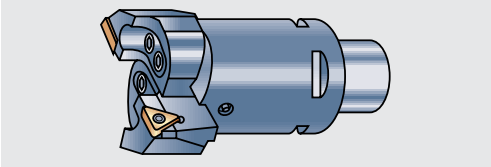
Hình 3: Mũi khoan nhiều bậc



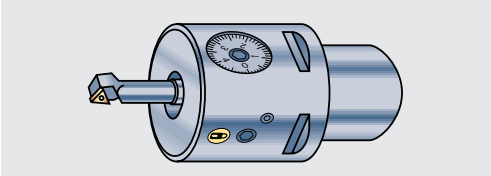
Hình 4: Hệ thống dụng cụ khoan



Hình 5: Lưỡi khoan rộng (Lưỡi lã xoắn)



Hình 6: Dụng cụ quẹt hai mặt cắt



Hình 7: Đầu khoan tinh với một lưỡi cắt

■ Khoan lỗ sâu và khoan sâu

Phương pháp này dùng để gia công lỗ khoan với đường kính D từ 0,8 đến 1500 mm và chiều sâu từ khoảng 3 x D trở lên.

Khoan lỗ sâu

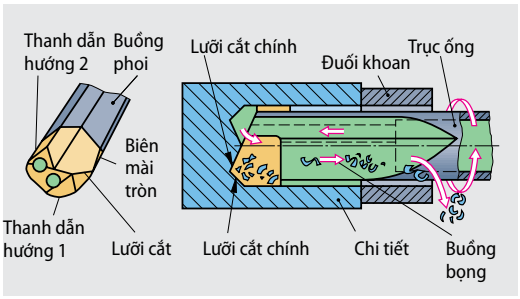
Mũi khoan lỗ sâu xoắn (**Hình 1**) bằng thép gió đặc biệt thích hợp cho khoan lỗ sâu, thẳng góc hay nghiêng với đường kính đến 30mm. Bề dày lõi của mũi khoan được tăng cường và buồng thoát phoi lớn đạt được sự ổn định cần thiết và có thể dẫn phoi tốt ra khỏi lỗ khoan. Lỗ khoan có thể khoan sâu đối với thép là 15 x D, ở gang xám là 25 x D mà không cần đem phoi ra.

Đối với vật liệu cho phoi ngắn thí dụ như gang xám, người ta dùng mũi khoan rãnh thẳng bằng hợp kim cứng cho lỗ sâu đến 10 x D.

Hình 1: Mũi khoan lỗ sâu – Mũi khoan xoắn

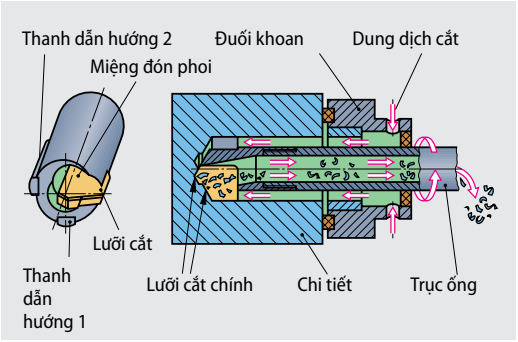
Khoan sâu

Với **phương pháp khoan một mép** (me) gồm có một đầu khoan hợp kim cứng với một lưỡi cắt (mép cắt) và chủ yếu có hai thanh trượt dẫn hướng làm cho phôi được khoan thủng (**Hình 2**). Đầu khoan được gắn vào trục ống, trong ống có cán một gân nhỏ. Lúc khoan chi tiết mũi khoan sâu được định tâm bằng đuôi khoan qua thanh trượt dẫn hướng ở trục, sau đó tự định tâm trong lỗ khoan. Dung dịch cắt thổi vào đỉnh mũi khoan bởi khí nén và thổi phoi ra ngoài qua các buồng bọng của trục từ lỗ khoan.



Hình 2: Mũi khoan sâu một mép

Với **phương pháp khoan sâu BTA** (**BTA=Boring and Trepanning Asscociation, Hiệp Hội Khoan Sâu**) các lỗ khoan suốt (thủng) có đường kính từ 6 đến 1500 mm. Dung dịch cắt được dẫn dọc theo ống cốt khoan và thổi phoi trong máng ống ra ngoài (**Hình 3**).



Hình 3: Phương pháp khoan sâu BTA

Ở hệ thống hai ống, dung dịch cắt gọt được đặt ở giữa các ống đồng tâm và cùng với phoi từ trong thoát ra.

Ưu điểm của kỹ thuật khoan sâu

- Độ bóng bề mặt cao (đến IT 8 và *Rz* = 2µm)
- Lượng cắt gọt phoi cao (tính theo thời gian)
- Bôi trơn làm nguội tại vị trí tác động
- Lỗ khoan lệch ít ở khoan sâu đến 100 x D
- Ít hình thành ba via khi khoan lỗ ngang

Ôn tập và đào sâu

1 Việc lựa chọn tốc độ cắt ở khoan tùy thuộc vào đâu?
2 Sự thay đổi tốc độ cắt hay của bước dẫn tiến khi khoan đòi hỏi những điều kiện nào?
3 Ở phạm vi chiều sâu nào mà mũi khoan xoắn là dụng cụ thường dùng nhất?
4 Góc đỉnh mũi khoan xoắn cho thép là bao nhiêu?
5 Những biện pháp nào có thể làm giảm bớt sự mài mòn mạnh của lưỡi cắt chính?
6 Tại sao mũi khoan lớn phải mài nhọn?
7 Mũi khoan xoắn có lớp phủ có ưu điểm gì?
8 Mũi khoan hợp kim cứng nguyên khối có ưu điểm gì?
9 Sự khoan khoét rộng để làm gì?
10 Phương pháp khoan sâu có ưu điểm gì?

3.6.3.2 Ven răng (cắt ren)

Ren trong có thể gia công bằng tay hoặc trên máy bằng cây ven răng (tarô) (**Hình 1**).

■ Quy trình cắt ren

Để cắt ren trong, trước hết phải khoan lỗ lõi (lỗ khoan để cắt ren).

Đường kính lõi của lỗ (Ø đầu răng) $d_k = d - P$

Các lỗ lõi không được khoan nhỏ hơn đường kính danh nghĩa d trừ bước răng P. Điều này sẽ làm dễ dàng việc ven răng và tránh cho cây ven răng bị gãy.

Cây ven răng thực hiện chuyển động cắt và chuyển động bước tiến, bước tiến được xác định qua bước răng.

Phần vạt hình côn giữ nhiệm vụ cắt ren (**Hình 2**). Tùy theo độ lớn của góc vát, ren được cắt bằng hai đến tám bước răng đầu tiên của cây ven răng. Phần cắt dẫn hướng dẫn cây ven răng vào trong những bước răng mới được cắt. Cây ven răng lúc cắt vật liệu gia công dai bị nén vào bên trong một ít, như vậy lỗ khoan sẽ nhỏ đi (cắt rộng ra).

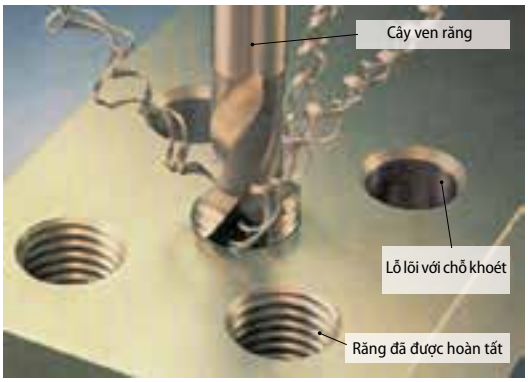
Qua **lã lỗ lõi** với lưỡi lã 90^0 cây ven răng cắt tốt hơn và bước ren ngoài không bị đẩy ra ngoài. Để cắt ren ở **lỗ cụt** thì khoan lỗ lõi sâu hơn hơn độ dài cần dùng của ren, để ren không thể cắt vào đáy lỗ khoan. Để đạt được độ bóng bề mặt ren người ta sử dụng **dung dịch cắt gọt** phù hợp với vật liệu, thí dụ như dầu cắt dùng cho thép, emulsi cho gang xám, khí nén cho hợp kim ma nhê và chất dẻo.

■ Cắt ren bằng tay

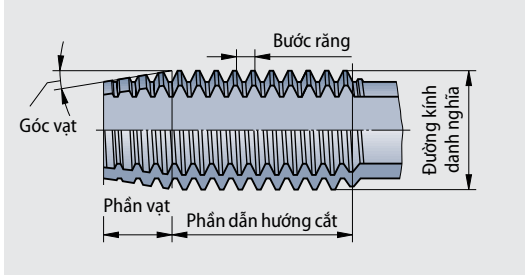
Cây ven răng phải đặt chính xác vào tâm của lỗ lõi. Đối với vật liệu gia công sinh phoi dài và ren lớn hơn, phoi sẽ gãy khi cây ven răng lặp đi lặp lại việc quay ngược chiều trong thời gian ngắn (**Hình 3**). Qua đó dung dịch bôi trơn mới sẽ đến được lưỡi cắt.

■ Ven răng trên máy

Với phương pháp này cây ven răng được kẹp chặt hay được hỗ trợ bởi một dụng cụ cắt ven răng hoặc một vấu kẹp có cân bằng chiều dài (**Hình 4**). Tại **cây ven răng kẹp chặt** vòng quay trục máy bắt buộc phải **đồng bộ** với bước dẫn tiến, qua đó đạt độ ổn định chất lượng ven răng cao.

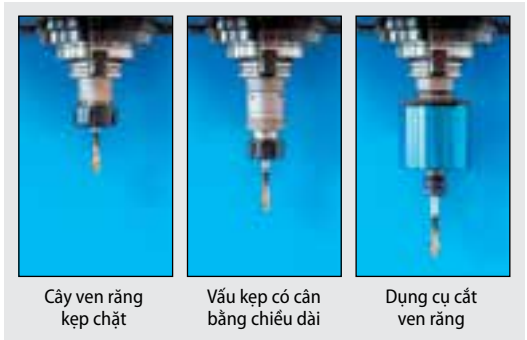


Hình 1: Ven răng



Hình 2: Phần cắt ở cây ven răng

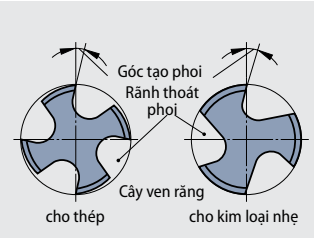
Hình 3: Cấu tạo phoi và cắt gãy phoi



Hình 4: Ven răng trên máy

Thiết bị cắt ven răng làm việc trong toàn bộ quá trình cắt ren với số vòng quay không thay đổi. Nhờ vào hộp số đảo chiều, chiều quay của cây ven răng thay đổi chạy ngược lại.

Trong phương pháp ven răng với một **vấu kẹp cân bằng chiều dài**, lúc bắt đầu quy trình cắt một lực hướng trục được phát sinh qua vấu kẹp cân bằng, lực này thực hiện sự cắt ren. Sau lúc cắt ren vấu kẹp cân bằng cắt (chạy) với bước dẫn tiến tối thiểu. Cây ven răng tự rút vào lỗ khoan lõi.

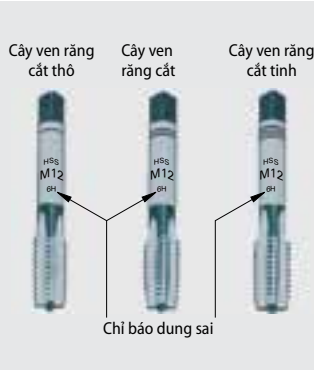


Hình 1: Rãnh thoát phoi ở cây ven răng

■ Các loại cây ven răng

Cây ven răng cho vật liệu mềm, tạo phoi dài thí dụ như hợp kim của kim loại nhẹ hay hợp kim đồng có góc tạo phoi và rãnh thoát phoi lớn hơn là cây ven răng dùng cho thép, gang đúc hay thau (**Hình 1**).

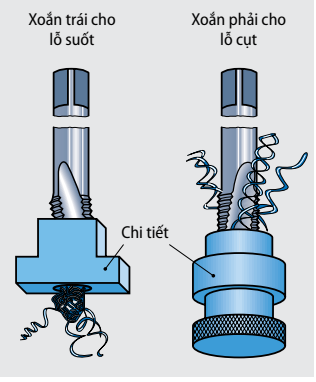
Với **bộ ven răng bằng tay gồm ba cây** người ta cắt răng trong lỗ cụt hoặc lỗ khoan dài suốt (**Hình 2**). Bộ ven răng gồm **cây ven răng cắt thô, cây ven răng cắt thành hình và cây ven răng cắt tinh**. Chỉ có cây ven răng tinh mới tạo ra sự cắt ren hoàn toàn.



Hình 2: Bộ ven răng ba cây

Bộ ven răng hai cây chỉ gồm có cây ven răng thô và cây ven răng tinh. Người ta sử dụng để cắt ren nhuyễn và ren Whithworth cho ống (ren ống, hệ Anh) vì bề sâu ren cạn hơn ren thông thường.

Cây ven răng máy thẳng hay xoắn tạo ren đúng kích thước với một lần cắt (**Hình 3**). Công suất tạo phoi cao sẽ đạt được bằng cách cắt vỏ bổ sung thêm. Cho các lỗ suốt với ren có thể sử dụng cây ven răng rãnh xoắn trái, rãnh này sẽ đưa phoi xuống dưới ra khỏi lỗ khoan.



Hình 3: Cây ven răng máy

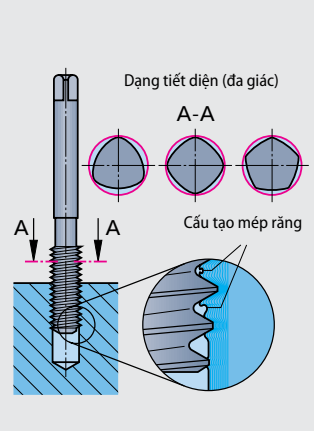
Với ven răng bằng máy, ren được cắt một lần và cắt sát đáy đối với lỗ cụt.

Vật liệu cắt

Thép gió và hợp kim cứng được dùng để làm dụng cụ cắt cho gia công ren trong. Để tăng cường độ mài mòn, bề mặt cây ven răng được tinh luyện qua thấm nitơ, xử lý bằng hơi nước và mạ crôm cứng hoặc phủ lớp kim loại cứng (thí dụ như TiN, TiAlCN, TiCN).

■ Dụng cụ tạo (dạng) ren

Sự tạo ren (tạo rãnh ren) là phương pháp tạo ren không phoi để chế tạo ren trong có thể chịu tải cao và cho vật liệu với độ bền kéo thấp. Sớ dòng chảy không bị đứt lúc gia công. Dụng cụ ven răng có tiết diện đa giác và không có rãnh thoát phoi (**Hình 4**). Ren được tạo thành trong quá trình quay, vật liệu được dồn ép vào khe hở của răng. Vì vật liệu lúc tạo ren không thoát ra nên đường kính lõi phải lớn hơn đường kính của cây ven răng. Vật liệu để ven răng phải có tính dễ tạo hình.



Hình 4: Tạo ren

Ôn tập và đào sâu

1 Tại sao phải lã lỗ ven răng?
2 Người ta hiểu gì về ven răng rộng ra?
3 Khi nào sử dụng cây ven răng máy?
4 Phải lưu ý điều gì khi ven răng lỗ cụt?
5 Khi nào người ta sử dụng bộ ven răng hai cây?

3.6.3.3. Khoét (lã)

Khoét là phương pháp khoan để tạo tiết diện bề mặt hoặc bề mặt hình côn (hình nón) trên các lỗ đã khoan sẵn. Người ta phân biệt:

Khoét phẳng, thí dụ như mặt tựa đầu bù long sáu cạnh.
Khoét phẳng sâu, thí dụ như khoét sâu lỗ hình trụ cho đầu một bù long hình trụ
Khoét định hình, thí dụ như lỗ côn cho vít đầu lã.

■ Quá trình khoét (lã)

Dụng cụ khoét so với mũi khoan có một góc thoát nhỏ và một bề mặt thoát sau lớn hơn. Qua đó lưỡi khoét tựa trên bề mặt cắt và ngăn ngừa dấu dợn sóng.

Tốc độ cắt ở khoét nên được chọn bằng hay lớn hơn ở khoan. Bước dẫn tiến có thể nhỏ hơn 50 % so với khoan.

■ Dụng cụ khoét

Lưỡi khoét phẳng (mặt đầu) sử dụng để khoét mặt đầu và khoét sâu mặt phẳng (Hình 1, Trang 122).

Lưỡi khoét côn để khoét định hình cho vít lã và đinh tán đầu lã và để vuốt ba via lỗ khoan (**Hình 1**). Góc đỉnh (nhọn) được chuẩn hóa, thí dụ như 60^0 cho vuốt ba via, 75^0 cho đầu đinh tán, 90^0 cho vít đầu lã và 120^0 cho đinh tán thép lá. Lưỡi khoét côn và lưỡi khoét phẳng có chốt định hướng và chốt định hướng thay thế được (**Hình 2**). Chốt định hướng dẫn dụng cụ trong lỗ khoan đã khoan trước. Chốt định hướng thay thế được khiến việc gia công dễ dàng vì không phải mài lại lưỡi khoét và có thể sử dụng cho nhiều đường kính lỗ khoan khác nhau.

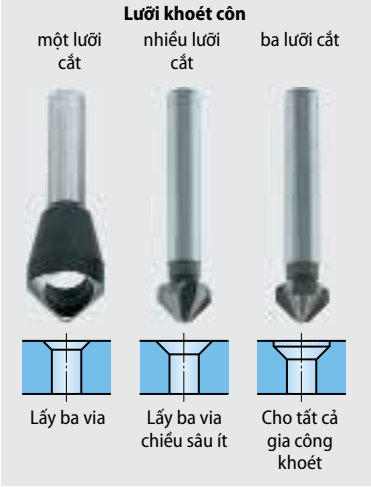
Với **dụng cụ khoét bậc** có thể thực hiện nhiều lỗ khoét với một công đoạn. Trong phạm vi vị trí tựa và mặt tựa bù long, điều cần thiết là phải lã phẳng song song hay lã phẳng sâu trong phạm vi ở trong. **Gia công khoét ngược** có thể sử dụng lưỡi khoét ngược (**Hình 3**). Ở dụng cụ khoét với chỗ cố định cho mảnh cắt ghép chặt, dụng cụ khoét này được đẩy xa hơn ra ngoài tâm của lỗ khoan để có thể chạy với đường kính lớn nhất vào trong lỗ khoan. Dụng cụ khoét được chế tạo bằng thép gió cũng như hợp kim cứng hoặc trang bị với mảnh cắt hợp kim cứng hay mảnh cắt hợp kim trở mặt.

■ Các biện pháp giải quyết vấn đề xảy ra ở khoét

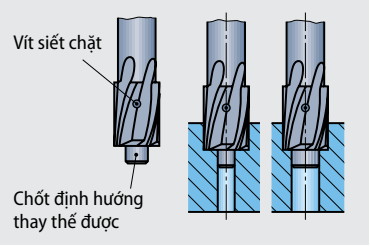
Biện pháp cho vấn đề xảy ra ở khoét là cần thiết, khi đặc tính chất lượng không đạt (**Bảng 1**). Thí dụ như là lỗ khoét không tròn, bởi trục chính có độ rơ dọc trục và xuyên tâm hay lưỡi khoét mài sai. Tâm lỗ khoan và lỗ khoét không đồng tâm, như vậy là chốt định hướng ở lưỡi khoét quá nhỏ hay lỗ khoan trước quá lớn.

Ôn tập và đào sâu

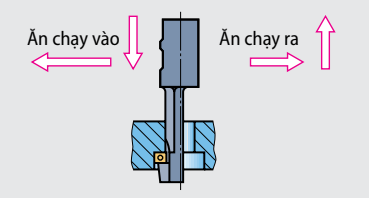
1 Chốt định hướng thay thế được có ưu điểm gì?
2 Lưỡi khoét côn được sử dụng làm gì?



Hình 1: Lưỡi khoét côn



Hình 2: Lưỡi khoét với chốt định hướng thay thế được



Hình 3: Lưỡi khoét ngược với chỗ cố định mảnh cắt

Bảng 1:
Biện pháp khắc phục vấn đề ở khoét

Vấn đề	v_c	f
Bề mặt xấu	⇑	⇓
Lỗ khoan không tròn		⇓
Lưỡi cắt bể, mẻ		⇓
Cấu tạo biên tích tụ	⇑	
Lưỡi cắt chính mòn nhanh	⇓	
Rung	⇓	⇑

3.6.3.4 Doa

Doa là khoan lỗ lớn ra với bề dày cắt ít để gia công các lỗ ghép chính xác đến IT5 với độ bóng bề mặt cao. Người ta phân biệt doa tròn và doa định hình (Hình 1, trang 122).

■ Quá trình cắt

Việc gia công chủ yếu được thực hiện bởi phần cạnh vát của lưỡi doa, trong khi lưỡi cắt ở chu vi tạo ra độ đúng kích thước, độ chính xác hình dạng và độ bóng bề mặt (**Hình 1**). Lượng dư để gia công của lưỡi doa tùy thuộc vào đường kính lỗ khoan: từ 0,2 mm đến 0,6 mm cho lưỡi doa rãnh thẳng và rãnh xoắn, đến 0,8 mm ở lưỡi doa gọt cắt với vật liệu sinh phoi dài (**Hình 2**). Tốc độ cắt vào khoảng phân nửa như ở khoan. Bước dẫn tiến mỗi vòng quay từ 0,05 đến 1,00 mm nhắm theo vật liệu của chi tiết và của dụng cụ, đường kính lỗ khoan và độ bóng bề mặt yêu cầu.

Lượng dư để doa phải được chọn sao cho ít nhất phải đạt mức tối thiểu nhưng tránh xảy ra tình trạng quá tải vì cắt phoi quá nhiều.

■ Dụng cụ doa

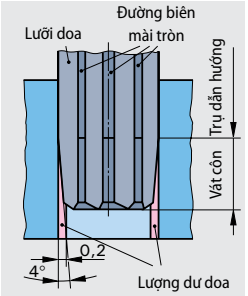
Lưỡi doa gồm phần vạt, phần dẫn hướng, cổ và chuôi (**Hình 3**). Dụng cụ doa được chế tạo bằng thép gió, hợp kim cứng toàn bộ, nhưng cũng có lưỡi cắt được trang bị với hợp kim cứng hay kim cương đa tinh thể. Một vài loại dụng cụ có dạng kết cấu với đường dẫn làm nguội bôi trơn ở trong.

Lưỡi doa được thực hiện thông thường là số răng thẳng nhằm để có thể đo đường kính dễ dàng. Bước chia răng không đồng đều được lặp lại sau một nửa chu vi, có thể tránh được việc tạo ra độ rung, dấu dợn sóng và độ lệch đồng tâm (**Hình 4**). Đường biên dẫn của lưỡi cắt phụ thường được thực hiện là đường biên mài tròn. Đường biên càng rộng thì có dạng hình học tốt hơn nhưng độ bóng bề mặt xấu hơn.

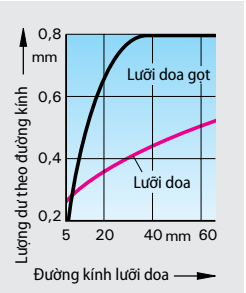
Cạnh cắt của lưỡi doa hoặc là rãnh thẳng hoặc có rãnh xoắn trái từ 7^0 hay 15^0, ở lưỡi doa gọt là 45^0 (**Bảng 1**).

Người ta phân biệt dụng cụ doa:

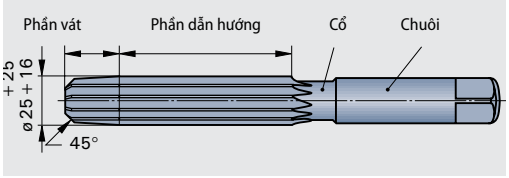
- Lưỡi doa nhiều lưỡi cắt nguyên khối (không điều chỉnh được)
- Lưỡi doa nhiều lưỡi cắt, điều chỉnh được
- Lưỡi doa một lưỡi cắt với thanh trượt hướng dẫn, điều chỉnh được.



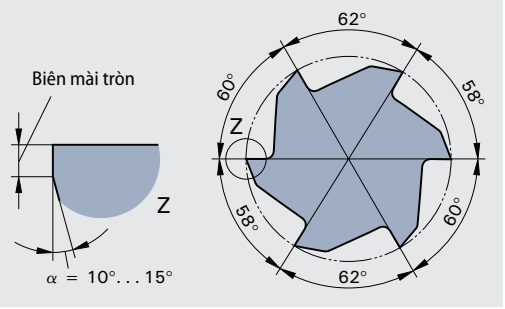
Hình 1: Phần vát của lưỡi doa



Hình 2: Lượng dư để doa ở kim loại

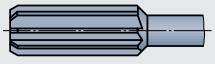


Hình 3: Lưỡi doa tay 25 H8



Hình 4: Khoảng chia răng không đều ở lưỡi doa

Bảng 1: Ứng dụng của lưỡi doa

Lưỡi doa rãnh thẳng 	Lỗ khoan không đứt quãng, vật liệu doa cứng và giòn, thí dụ như: thép trên 700N/mm², gang đúc, thau; lỗ cụt được doa sát đáy
Lưỡi doa xoắn trái ≅ 7^0	Lỗ thông suốt, lỗ cắt đứt quãng, thí dụ như: khe, máng, lỗ xuyên ngang. Lưỡi doa rãnh xoắn trái là dụng cụ cắt phải. Ở một lần vặn xoáy phải thì dụng cụ kéo vào lỗ khoan. Qua bước xoắn hơi về bên trái dung dịch cắt gọt được dẫn đi dễ dàng hơn vào lưỡi cắt.
Lưỡi doa gọt, xoắn trái ≅ 45^0	

■ **Mũi doa nhiều lưỡi cắt nguyên khối** (**không điều chỉnh được**) được sử dụng cho doa tay hoặc doa máy.

Mũi doa tay có phần vát khoảng ¼ thân lưỡi doa và một phần dẫn hướng dài hơn để dẫn hướng tốt hơn (Hình 3, Trang 132).

Mũi doa máy có cạnh vát và phần dẫn hướng ngắn hơn lưỡi doa tay vì sự dẫn hướng được điều khiển qua trục máy (**Hình 1**). Với lưỡi doa máy người ta có thể doa lỗ cụt (lỗ có đáy). Để doa lỗ có đường kính lớn hơn, lưỡi doa máy được sản xuất dưới dạng mũi doa cán lắp (lưỡi doa ống) (**Hình 2**).

Trong sản xuất hàng loạt người ta sử dụng **đầu doa mô đun dùng một lần,** một phần trong số đó có đường dẫn dung dịch cắt ở trong. Khi mòn chỉ thay đầu doa thôi.

Ở doa lỗ dài hay doa lỗ khoan nằm cách quãng, thí dụ chi tiết dạng chạc gồm hai nhánh với 2 lỗ khoan như trong hình 3, một giải pháp đã được chứng minh và sử dụng trong sản xuất gọi là lưỡi doa máy gồm nhiều phần ghép lại với sai biệt cực lớn về những đường kính của lưỡi cắt thô và lưỡi cắt chính. Đoạn cắt thô phần lớn bằng hợp kim cứng (**Hình 3**) đảm nhiệm phần gia công chính với đường kính nhỏ hơn một chút so với phần doa tinh. Công đoạn doa tinh sẽ do lưỡi cắt chính thực hiện phần lượng dư quy định còn lại, đảm bảo các lỗ khoan nằm cùng trên một trục được thẳng hàng.

■ **Lưỡi doa nhiều cạnh cắt điều chỉnh được** là những lưỡi doa xẻ rãnh, điều chỉnh được hay lưỡi doa mở rộng (**Hình 4**). Lưỡi doa xẻ rãnh điều chỉnh được trong phạm vi đàn hồi để cân bằng sự mài mòn qua một chuôi côn, khâu côn hay một vít côn. Lưỡi doa với vòng cắt có thể điều chỉnh mài lại đến 5% trong phạm vi đàn hồi.

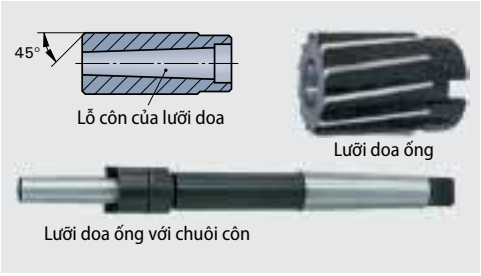
■ **Lưỡi doa một hay hai cạnh cắt** với mảnh cắt trở mặt có một hay hai lưỡi cắt và thanh dẫn ở vòng ngoài (chu vi) (**Hình 5**). Thanh dẫn hướng có chức năng là hướng dụng cụ (lưỡi doa) đi vào lỗ khoan. Mảnh cắt trở mặt và thanh hướng dẫn đều bằng hợp kim cứng.

Lưỡi doa côn tạo phoi trên toàn bộ chiều dài cắt được sử dụng doa các lỗ có dạng hình côn, thí dụ như doa lỗ chốt côn.

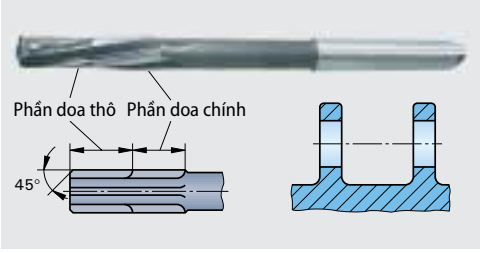
Ôn tập và đào sâu

1. Tốc độ và bước dẫn tiến giữa khoan và doa có khác biệt như thế nào?
2. Nhờ đâu người ta phân biệt được doa tay và doa máy?
3. Lưỡi doa xoắn trái có ưu điểm gì?
4. Tại sao người ta sử dụng lưỡi doa răng thẳng và có khoảng chia răng không đều?

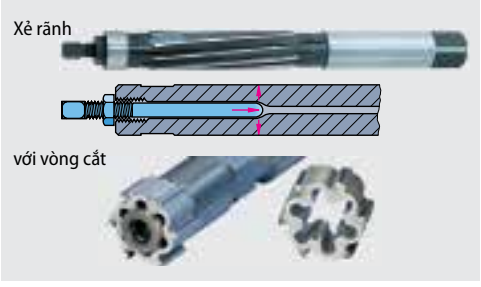
Hình 1: Lưỡi doa máy



Hình 2: Lưỡi doa ống với giá giữ và chuôi côn (côn Morse)



Hình 3: Lưỡi doa máy với phần chia chênh lệch quá mức giữa doa thô và doa tinh



Hình 4: Lưỡi doa điều chỉnh được

Hình 5: Lưỡi doa với thanh dẫn hướng

3.6.4 Tiện

Tiện là gia công cắt tạo phoi cho chi tiết có mặt trụ tròn quay chủ yếu với dụng cụ (dao tiện) một mặt cắt. Thông thường chi tiết quay với chuyển động tròn.

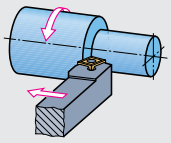
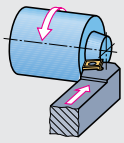
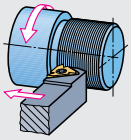
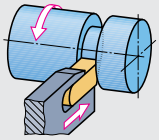
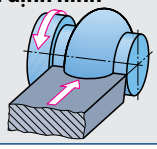
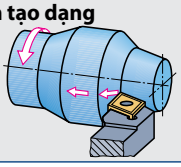
Nếu các phương pháp gia công khác được thực hiện thêm cho chi tiết hoàn toàn trên máy tiện, thí dụ như phay mặt chìa khóa, người ta gọi đó là gia công toàn bộ (**Hình 1**). Trong trường hợp này, các dụng cụ và thiết bị phụ trợ (đồ gá) được truyền động để có thể sản xuất được các mặt phẳng, rãnh và lỗ khoan ngang.

Hình 1: Chi tiết tiện

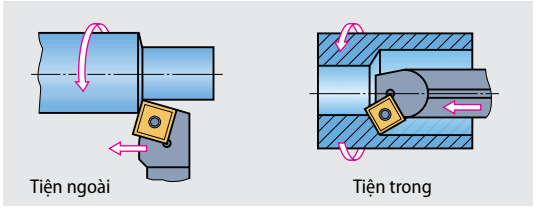
3.6.4.1 Phương pháp tiện

Tùy theo loại bề mặt gia công người ta phân biệt các phương pháp tiện: tiện tròn, tiện vạt mặt (tiện mặt đầu), tiện ren, tiện chích rãnh, tiện định hình và tiện tạo dạng (**Bảng 1**). Người ta có thể phân chia tiếp tục qua hướng chuyển động của bước tiến ngang hay dọc với trục quay.

Bảng 1: Phương pháp tiện

Thí dụ/Tên	Đặc điểm / phương pháp đơn lẻ	Thí dụ/Tên	Đặc điểm / phương pháp đơn lẻ
Tiện trụ (tròn) 	Tiện tròn tạo ra bề mặt trụ: Tiện trụ dài (hình), tiện tinh rộng và tiện trụ ngang	**Tiện vạt mặt** 	Tiện vạt mặt tạo một bề mặt thẳng góc với trục quay của chi tiết: tiện vạt mặt ngang (Hình) và tiện cắt đứt ngang
Tiện ren 	Với một dụng cụ định hình tạo ra bề mặt dạng hình ren (hình) và tiện ren bằng lược ren (dụng cụ nhiều lưỡi cắt)	**Tiện chích rãnh** 	Dụng cụ tiện chích rãnh thực hiện môt chuyển động dẫn tiến ngang (Hình) hay dọc với trục quay
Tiện định hình 	Hình dạng của dao tiện được chép qua chi tiết: tiện định hình dọc và tiện định hình ngang (Hình)	**Tiện tạo dạng** 	Qua điều khiển chuyển động của bước dẫn tiến, hình dạng chi tiết được tạo thành: tiện tạo dạng bằng NC hay tiện chép hình (hình)

Tùy theo vị trí điểm gia công ở chi tiết có thể chia phương pháp tiện ra làm **tiện trong** và **tiện ngoài** (**Hình 2**). Ở tiện ngoài, dụng cụ tiện (dao tiện) có đủ chỗ (không gian). Dao tiện có thể chọn lớn để không bị đẩy trong quá trình gia công khi lực cắt xuất hiện. Ở tiện trong, việc chọn dao tiện bị hạn chế vì hình dạng của chi tiết.



Hình 2: Vị trí điểm gia công trong phương pháp tiện

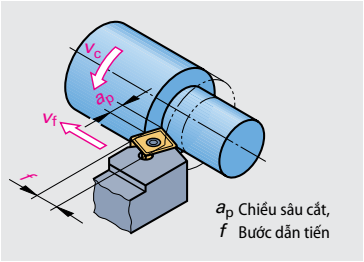
3.6.4.2 Sự chuyển động và độ lớn cắt tạo phoi

Trong phương pháp tiện, việc cắt tạo phoi được thực hiện qua chuyển động cắt và chyển động bước tiến (**Hình 1**).

Độ lớn của **tốc độ cắt** v_c cơ bản dựa theo độ bền vật liệu của chi tiết cũng như độ bền mài mòn và độ bền chịu nhiệt của vật liệu cắt.

Bước dẫn tiến *f* là đoạn đường đi của dụng cụ ở một vòng quay của chi tiết. Tiện thô sử dụng bước tiến lớn, tiện tinh sử dụng bước tiến nhỏ.

Qua chuyển động cho ăn dao, **chiều sâu cắt** a_p được xác lập.

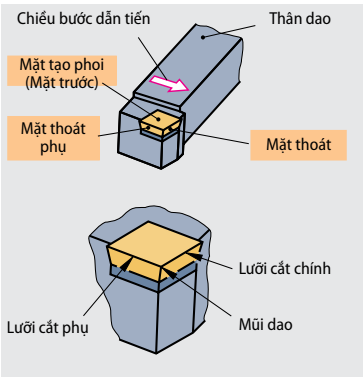


Hình 1: Thông số cắt gọt tạo phoi khi tiện

3.6.4.3. Các thông số hình học của dao tiện

Mũi dao tiện bị giới hạn qua mặt cắt tạo phoi (mặt trước) và mặt thoát (mặt sau chính) (**Hình 2**). Cạnh cắt của hai mặt tạo thành **lưỡi cắt chính**. Lưỡi cắt này nằm ở chiều bước dẫn tiến và thực hiện nhiệm vụ cắt chủ yếu trong quá trình tiện. Lưỡi cắt chính đi qua mũi dao bo tròn ở **lưỡi cắt phụ**.

Lưỡi cắt chính và lưỡi cắt phụ tạo thành **góc mũi dao** ε (**Hình 3**). Góc này nên lựa càng lớn càng tốt nhằm cải thiện sự tỏa nhiệt và sự ổn định của dao tiện. Để tránh mũi dao (cạnh cắt) bị mẻ thì góc mũi dao phải bo tròn. Thông thường bán kính góc mũi dao từ 0,4 mm đến 2,4 mm. Độ lớn của **bán kính mũi** r_ε và bước dẫn tiến *f* xác định độ nhấp nhô lý thuyết R_{th} ở chi tiết (**Hình 4**).



Hình 2: Mặt và lưỡi cắt ở dụng cụ tiện

Độ nhấp nhô lý thuyết

$$R_{th} = \frac{f^2}{8 \cdot r_\varepsilon}$$

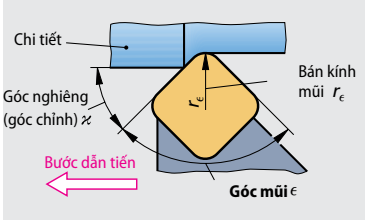
Thí dụ: Độ nhấp nhô lý thuyết R_{th} có bán kính mũi $r_\varepsilon = 0{,}4$ mm với bước dẫn tiến $f = 0{,}1$mm là bao nhiêu?

Lời giải: $R_{th} = \frac{f^2}{8 \cdot r_\varepsilon} = \frac{0{,}1}{8 \cdot 0{,}4\ \text{mm}} = 0{,}0331\ \text{mm} = \mathbf{3{,}1\ \mu m}$

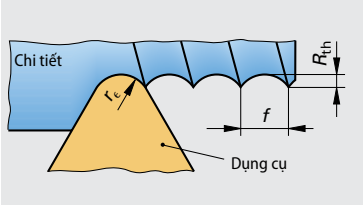
Sự ổn định của mảnh cắt trở mặt tăng lên khi góc mũi và bán kính mũi tăng.

Ở tiện thô vì lực tải cắt cao, dao tiện làm việc với góc mũi và bán kính mũi lớn hơn ở tiện tinh. Ở bán kính mũi lớn với cùng bước tiến có khả năng tạo độ bóng bề mặt cao hơn ở bán kính mũi nhỏ. Tuy nhiên phần lớn bán kính nhỏ vẫn được sử dụng ở gia công tinh vì thông thường cũng được tiện với bước dẫn tiến nhỏ. Khi sử dụng bán kính mũi lớn thì lực đẩy cho dụng cụ và chi tiết qua độ lớn của của lực thụ động F_p mạnh hơn (**Hình 5**). Lực này có thể dẫn đến sự rung và làm xấu đi độ bóng bề mặt.

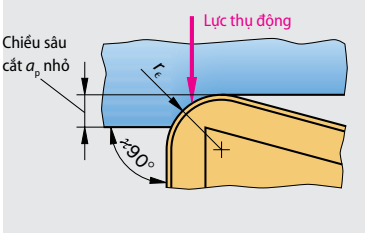
Ở tiện thô người ta làm việc với góc mũi lớn và bán kính mũi lớn, ở tiện tinh thông thường với bước dẫn tiến nhỏ và góc mũi nhỏ. Trong điều kiện làm việc ổn định bán kính mũi ở tiện tinh có thể lớn.



Hình 3: Mũi cắt



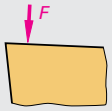
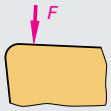
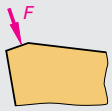
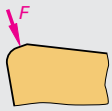
Hình 4: Ảnh hưởng của bán kính mũi



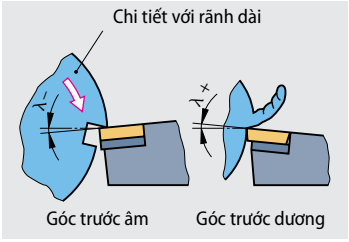
Hình 5: Bán kính mũi ở tiện tinh

Kết cấu mũi dao tiện. Sự chuyển tiếp từ lưỡi cắt chính đến mặt trước ảnh hưởng rất lớn đến tuổi thọ của dao tiện. Do đó cho những ứng dụng khác nhau phải dự kiến những kết cấu mũi dao tiện khác nhau (**Bảng 1**).

Bảng 1: Tính năng và ứng dụng của các kết cấu mũi dao tiện (mép cắt) khác nhau

Cạnh sắc	Bo cạnh	Vát	Vát và bo
Dạng mũi cắt F 	Dạng mũi cắt E 	Dạng mũi cắt T 	Dạng mũi cắt S 
Lực cắt nhỏ nhất, nguy cơ bị vỡ, mẻ	Bảo vệ mũi cắt, vật liệu cắt luôn có lớp phủ mỏng	Độ ổn định của cạnh cắt lớn hơn, lực cắt lớn hơn.	An toàn gia công cao nhất, tuy nhiên sẽ làm tăng lực cắt, nhiệt độ và có xu hướng kêu lạch cạch
Tiện tinh, gia công chất dẻo	Gia công thép, ở cắt gián đoạn	Gia công thép tôi cứng và gang cứng	Cho việc cắt khó (cắt nặng tay)

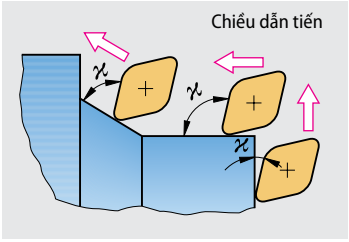
Góc trước λ quyết định việc va chạm chi tiết với mặt trước và có ý nghĩa cho định hướng phoi thoát (**Hình 1**). Góc trước âm phoi thoát dẫn vào bề mặt của chi tiết, góc trước dương phoi thoát ra khỏi bề mặt chi tiết. Ở cắt gián đoạn, một góc trước có trị số âm làm lệch mất lần chạm đầu tiên giữa chi tiết và dụng cụ của mũi dao. Do vậy giảm nguy cơ vỡ, mẻ.



Hình 1: Góc trước

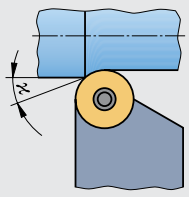
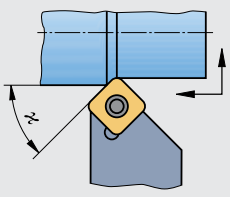
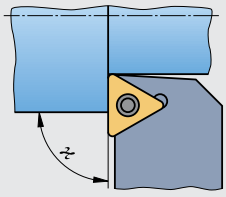
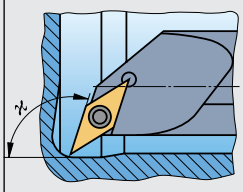
- Ở sự cắt gián đoạn và gia công phá mạnh, dự kiến một góc trước âm (-4^0 đến -8^0)
- Ở tiện tinh và tiện trong, ưu tiên chọn một góc trước dương hay góc trung lập (0^0) để bề mặt chi tiết không bị hư hỏng do phoi thoát ra.

Góc nghiêng $\varkappa$ là góc giữa mặt trước và bề mặt tiện. Nó ảnh hưởng đến hình thành phoi, phoi đứt, lực cắt và nổi dợn sóng. Độ lớn của góc nghiêng tùy thuộc vào dụng cụ và đường biên dạng của chi tiết (**Hình 2**). Sự chọn góc nghiêng phù hợp tùy thuộc vào sự gia công tương ứng (**Bảng 2**).



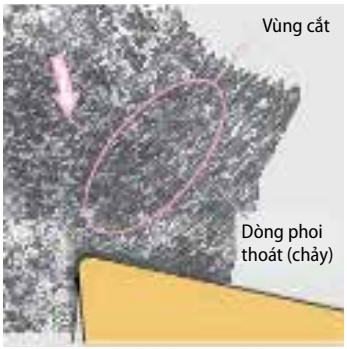
Hình 2: Góc chỉnh khi tiện đường biên

Bảng 2: Góc chỉnh ở những công đoạn gia công khác nhau

$\varkappa$ = 0°...30°	$\varkappa$ = 45...75°	$\varkappa$ = 90°	$\varkappa$ > 90°
			
Lực thụ động lớn đòi hỏi chi tiết, máy và thiết bị kẹp có độ ổn định cao	Bảo vệ mũi tiện lúc cắt mép vát	Lực thụ động nhỏ, do vậy chi tiết tiện ít bị cong và ít nổi dợn sóng	Nguy cơ bị gãy ở mũi dao tiến trước nhanh
Gia công vật liệu cứng, tiện tinh với bước dẫn tiến cao	Gia công tiện phá	Gia công tinh, tiện trong	Tiện đường biên dạng và tiện chích rãnh xén

3.6.4.4 Cấu tạo phoi ở tiện

Trong **sự cấu thành phoi** trước tiên vật liệu bị dồn nén mạnh lúc mũi dao cắt ấn vào chi tiết (**Hình 1**). Sau khi vượt qua giới hạn đàn hồi vật liệu gia công bị biến dạng dẻo dẫn đến phoi vỡ vụn ở vùng cắt. Do nhiệt độ lúc cắt và sức ép cao làm cho mảnh vụn phoi hàn dính với nhau và trượt qua mặt trước.



Hình 1: Cấu tạo phoi

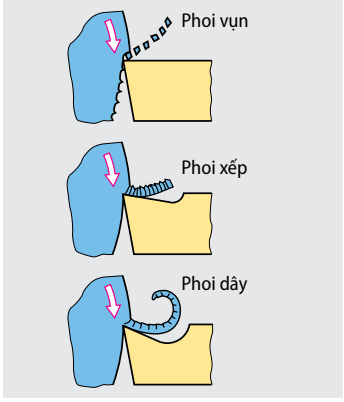
■ Các loại phoi

Người ta phân biệt cơ bản ba loại phoi: phoi vụn, phoi xếp và phoi dây (**Hình 2**).

Phoi vụn phát sinh lúc tiện với nguyên liệu giòn, thí dụ như gang đúc, hợp kim đồng-kẽm và gang cứng. Góc mũi dao nhỏ và tốc độ cắt thấp cũng thuận lợi cho sự hình thành phoi vụn. Từng mảnh phoi ở vật liệu bị kéo đứt ra, qua đó hình thành bề mặt chi tiết thô.

Phoi xếp tạo thành khi tiện các vật liệu dai, thí dụ như thép có độ bền kéo trung bình, với góc tạo phoi trung bình và tốc độ cắt thấp. Các phoi dạng tấm tách ra hàn dính lại với nhau một phần trong vùng cắt. Phoi xếp thường tạo thành phoi cuộn ngắn

Phoi dây (phoi liên tục) phát sinh khi gia công tiện với vật liệu biến dạng dẻo tốt, đặc biệt là khi được chọn tốc độ cắt cao và góc tạo phoi lớn. Do quá trình cắt tiến hành đều đặn và không có lực cắt biến động lớn vì thế thường đạt độ bóng bề mặt cao.



Hình 2: Các dạng phoi

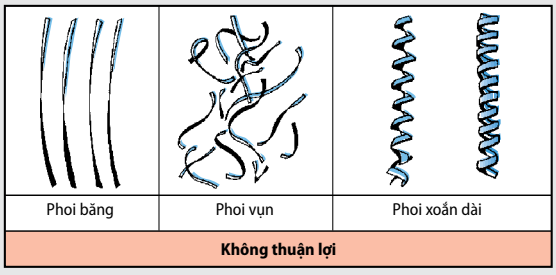
Để sản xuất chi tiết có độ bóng bề mặt tốt, lúc tiện phải cố gắng đạt được cấu tạo của phoi dây.

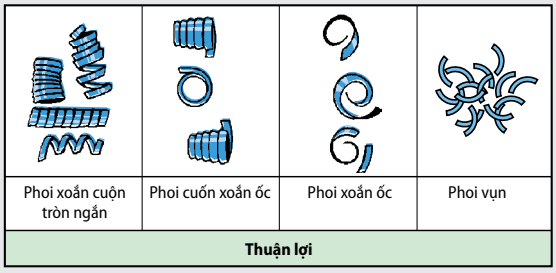
■ Các dạng phoi

Qua sự chọn lựa điều kiện gia công thích hợp có thể tạo ra được các dạng phoi thuận lợi (**Hình 3**). Phoi dài đưa đến một khối lượng phoi lớn khó dẫn thoát khỏi không gian làm việc của máy. Nó làm cản trở dụng cụ và có thể dẫn đến việc làm hỏng độ bóng bề mặt của chi tiết. Ngoài ra phoi sắc làm tăng nguy cơ bị thương. Phoi quá ngắn tạo nguy cơ làm cho bộ lọc bôi trơn làm nguội bị bít. Khi tiện phải cố gắng đạt được phoi cuộn ngắn hoặc phoi xoắn ốc ngắn.

Việc sử dụng vật liệu bằng hợp kim sẽ làm tăng lên lượng phoi vỡ, thí dụ như qua thành phần kẽm cao ở hợp kim đồng kẽm Cu-Zn hay cho thêm phần phốt pho vào thép da láng (thép tự động). Qua thay đổi dạng hình học của dao tiện có thể tạo ra các phoi ngắn vỡ.

Phoi nên gọn nhỏ và có khả năng cuộn.



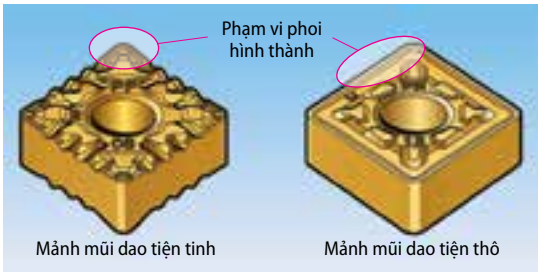


Hình 3: Các dạng phoi

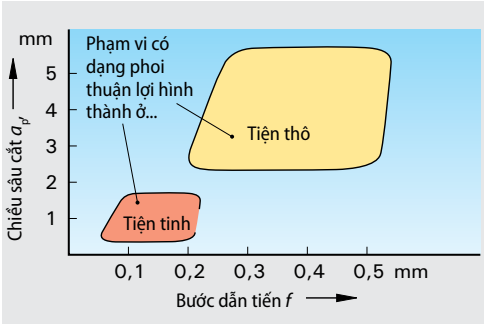
■ Bậc dẫn phoi và đồ thị hình dạng phoi

Dao tiện có bậc dẫn phoi tạo ra hình dạng phoi thuận lợi (**Hình 1**). Đồ thị hình dạng phoi cho thấy phạm vi ứng dụng của mảnh cắt với bậc dẫn hướng được thiêu kết để nhằm đạt được hình dạng phoi thuận lợi hơn (**Hình 2**).

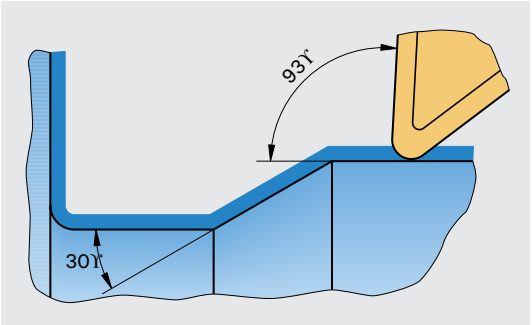
Mảnh mũi dao tiện tinh cũng tạo ra phoi thuận lợi ở chiều sâu cắt nhỏ và bước dẫn tiến nhỏ. Với mảnh mũi dao tiện thô để tạo ra hình dạng phoi thuận lợi hơn thì cần thiết phải có chiều sâu cắt và những bước dẫn tiến lớn hơn.



Hình 1: Bậc dẫn phoi thiêu kết



Hình 2: Phạm vi dạng phoi thuận lợi



Hình 3: Góc nghiêng (góc chỉnh) ở tiện định hình

Khả năng để tạo ra phoi thuận lợi và phoi vụn ngắn

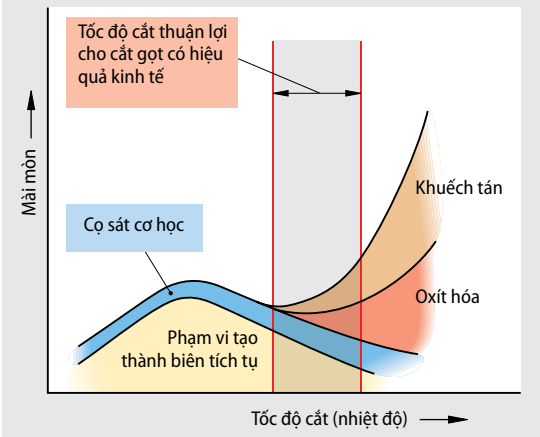
- Sử dụng mảnh cắt trở mặt với bậc dẫn phoi, qua đó đạt được sự thoát phoi và vỡ phoi thuận lợi.
- Chọn bậc dẫn phoi phù hợp với bước tiến và chiều sâu cắt đã định trước
- Sử dụng vật liệu có tính phoi vỡ tăng với các thành phần hợp kim tương ứng
- Tăng bước dẫn tiến, nếu có thể.

Ôn tập và đào sâu

1- Qua mặt cắt nào mũi cắt của dao tiện bị hạn chế?
2- Tính độ nhấp nhô lý thuyết ở tiện, khi bán kính mũi là 0,4 mm và bước dẫn tiến bằng 0,15 mm.
3- Khi phát sinh rung ta phải thay đổi góc nghiêng của dụng cụ như thế nào,?
4- Tại sao bán kính mũi nhỏ thường được sử dụng khi tiện tinh?
5- Dưới điều kiện nào mảnh cắt trở mặt có thể có một bán kính mũi lớn kể cả lúc tiện tinh?
6- Mảnh cắt trở mặt cần phải có dạng nào khi chi tiết được tiện với cắt gián đoạn?
7- Ưu điểm nào khi giá dao (đài dao) có góc nghiêng âm?
8- Tại sao góc nghiêng của đài dao cần định trước là góc dương lúc tiện tinh lỗ khoan?
9- Xác định góc nghiêng lớn nhất và nhỏ nhất tương ứng trong phương pháp tiện chép hình cho rãnh chích (**Hình 3**)?
10- Ở góc nghiêng nào lực thụ động sẽ nhỏ nhất?
11- Do đâu sự cấu tạo các loại phoi khác nhau bị ảnh hưởng?
12- Tại sao phoi dài không được ưa chuộng khi tiện?
13- Có những khả năng nào để tạo ra phoi vụn?

3.6.4.5 Sự mài mòn và tuổi thọ (thời gian sử dụng)

Tuổi thọ là thời gian mà dụng cụ tiếp xúc cắt đến độ mòn cho phép. Người ta nhận biết tuổi thọ kết thúc khi tiện tinh có bề mặt xấu và sai lệch kích thước của chi tiết, khi tiện thô (tiện phá) thì tác động mài mòn ở lưỡi cắt.

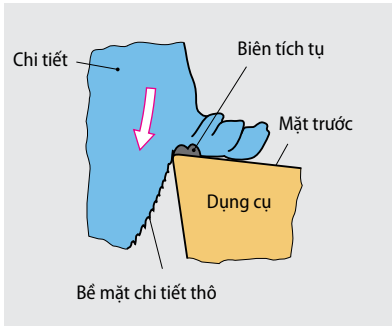


Hình 1: Nguyên nhân mài mòn

■ Nguyên nhân của sự mài mòn

Tác động đồng thời do ứng suất cơ và nhiệt của dao cắt là nguyên nhân dẫn đến mài mòn (**Hình 1**). Sự mài mòn gây ra qua sự cấu tạo biên tích tụ (lẹo dao) và sự cọ sát cơ học ở tốc độ cắt thấp (nhiệt). Ở nhiệt độ cắt cao sự mài mòn qua oxít hóa và khuếch tán đặc biệt lớn.

Biên tích tụ (lẹo dao). Đặc biệt là ở tốc độ cắt thấp tại mặt trước (mặt tạo phoi) nhưng cũng ở mặt sau (mặt thoát), chính các phần nhỏ của vật liệu hàn dính cứng vào nhau tạo thành một mũi cắt nhân tạo (biên tích tụ nén ép). Lẹo dao làm thay đổi thông số hình học của dao tiện và dẫn đến một lực cắt cao (**Hình 2**). Khi biên tích tụ bị cắt đứt có thể phần của cạnh cắt sẽ vỡ, do vậy xuất hiện sự mài mòn tăng rất nhanh.



Hình 2: Sự hình thành biên tích tụ

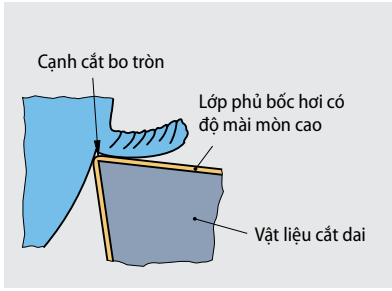
Sự cấu tạo của biên tích tụ có thể làm giảm bớt qua:

- Tăng tốc độ cắt
- Sử dụng vật liệu cắt có lớp phủ
- Mặt trước phải làm nhẵn và mài bóng
- Sử dụng nhiều dung dịch cắt gọt.

Sự cọ mòn. Với các phoi đi qua mặt tạo phoi và sự cọ sát của chi tiết ở mặt thoát xảy ra sự mòn cơ học ở các mặt này. Độ lớn của sự ăn xói mòn thay đổi chỉ một ít với nhiệt độ tăng.

Oxít hóa. Ở nhiệt độ cao phần của vật liệu cắt bị oxít hóa. Điều này dẫn đến tình trạng để lại lằn khía và lằn nứt, đặc biệt ở rìa của vùng tiếp xúc của dụng cụ với chi tiết.

Sự khuếch tán. Khi có một hóa chất tương đồng giữa vật liệu cắt và vật liệu chi tiết, thí dụ như hợp kim cứng HM hay thép gió và thép diển ra sự trao đổi nguyên tử ở nhiệt độ cao. Sự này dẫn đến sự xói mòn phần của mặt trước.

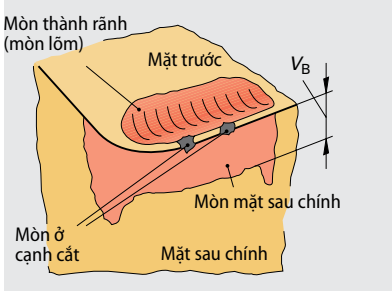


Hình 3: Dụng cụ có lớp phủ

Qua dụng cụ có lớp phủ (trang 116) làm giảm bớt sự cấu tạo của biên tích tụ, sự cọ sát cơ học, oxít hóa và khuếch tán (**Hình 3**). Lớp phủ bốc hơi cho vật liệu cơ bản dai một bề mặt cứng cao và một độ bền mài mòn lớn.

■ Các loại mài mòn

Nguyên nhân mài mòn ở dụng cụ tiện dẫn đến sự tác động mài mòn khác nhau (**Hình 4**).



Hình 4: Các loại mài mòn

Mài mòn ở mặt trước được đánh dấu qua qua bề rộng vết ăn mòn V_B. Nó ảnh hưởng đến kích thước chính xác, độ bóng bề mặt của chi tiết gia công và dẫn đến nhiệt độ cao ở mũi dao và lực cắt tăng lên.

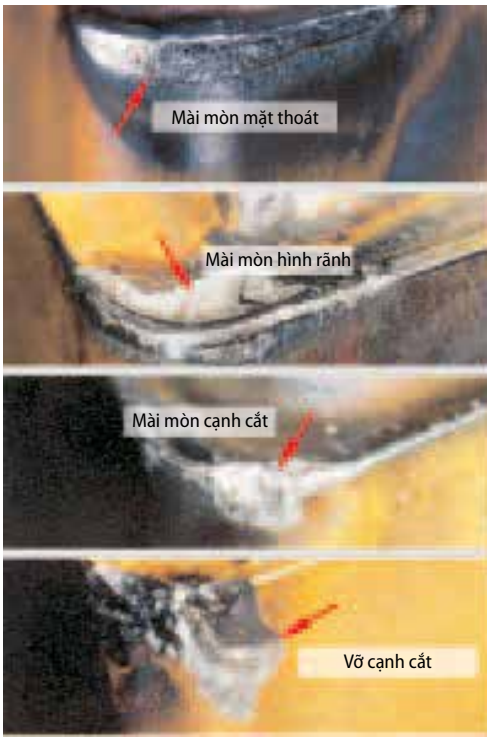
Mài mòn thành rãnh (mòn lõm) gây ra qua khuếch tán và cọ sát cơ học. Mặt trước bị rỗng hình lòng máng. Do đó cạnh cắt yếu và có phát sinh nguy cơ bị vỡ. Sự mòn thành rãnh (mòn lõm) dẫn đến biến dạng phoi rất lớn và qua đó lực cắt cũng tăng.

Mòn cạnh và vỡ mẻ cạnh cắt có thể xảy ra qua cắt gián đoạn và tác động trên độ bóng bề mặt của chi tiết và trên mặt cắt. Nó có thể dẫn đến vỡ cạnh cắt.

Cạnh cắt bể (**cạnh cắt vỡ**) có thể xảy ra khi vật liệu cắt quá giòn và không đáp ứng được đòi hỏi của gia công. Dù có hiện tượng mòn mạnh mà chưa kịp thay thế thì mảnh cắt cũng có thể bị bể.

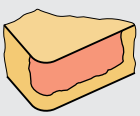
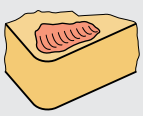
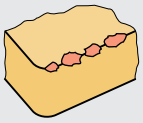
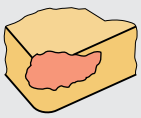
Để đánh giá và tối ưu hóa quy trình cắt gọt, dụng cụ bị mòn nên được kiểm tra qua kính lúp hay kính hiển vi (**Hình 1**). Tuy tiến trình mài mòn đều đặn là bình thường, nhưng mảnh cắt vỡ qua tác dụng mài mòn quá mạnh thì trong mọi trường hợp cũng cần phải tránh.

Cần phải thực hiện các biện pháp khắc phục khi dao tiện có biểu hiện mòn quá mức (**Bảng 1**).



Hình 1: Các loại mài mòn (tỷ lệ khoảng 50: 1)

Bảng 1: Biện pháp cho các vấn đề mài mòn

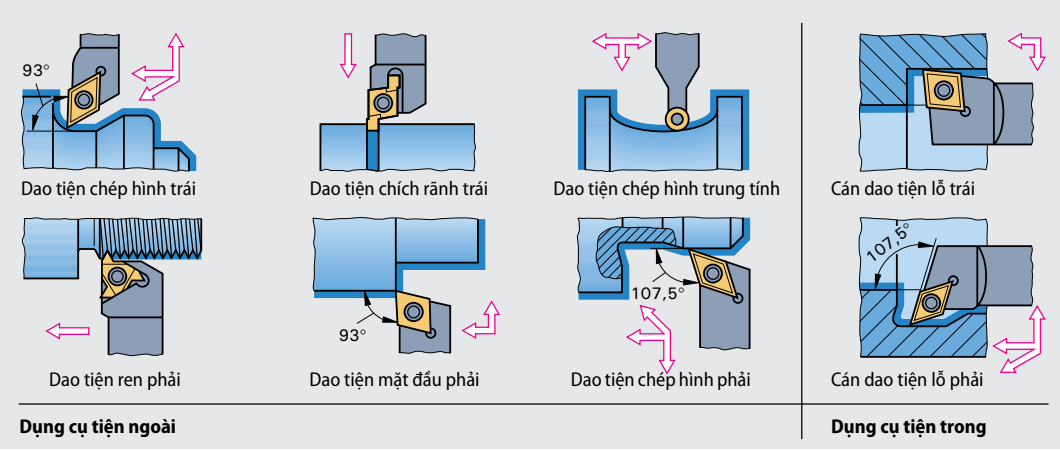
Mặt trước mòn rất nhiều 	Mòn thành rãnh rất nhiều 	Cạnh bị mẻ, 	Cạnh cắt bể 	Biện pháp khắc phục (Để đánh giá mài mòn quá mức được giảm hay không, trong mỗi trường hợp chỉ cho phép thực hiện một biện pháp)
		•		Tăng tốc độ cắt
•	•			Giảm tốc độ cắt
•		•		Tăng bước dẫn tiến
			•	Giảm bước dẫn tiến
			•	Giảm chiều sâu cắt
•	•			Chọn vật liệu cắt chống mài mòn tốt hơn
		•	•	Chọn vật liệu cắt dai hơn
•	•			Chọn vật liệu cắt có lớp phủ
	•	•		Tăng góc nghiêng
			•	Tăng góc mũi và bán kính mũi
•	•			Tăng thêm lượng dung dịch cắt gọt

3.6.4.6 Dụng cụ tiện

Dụng cụ tiện gồm cán dao với mảnh cắt trở mặt được kẹp hoặc bắt cứng bằng vít. Dao tiện với mảnh cắt hàn vảy vào cán được sử dụng trong các trường hợp đặc biệt.

■ Sự chọn cán dao và mảnh cắt trở mặt

Tùy theo vị trí của chỗ tiếp xúc cắt người ta phân biệt dụng cụ tiện trong và dụng cụ tiện ngoài. Mỗi công đoạn làm việc khác nhau sử dụng các cán dao khác nhau (**Hình 1**). Để có độ bền vững lớn và qua đó giữ được sự ổn định của cạnh cắt, nên chọn cán dao càng lớn càng tốt. Xác định hình dạng và độ lớn có thể phù hợp của mảnh cắt trở mặt mà chọn cán dao.

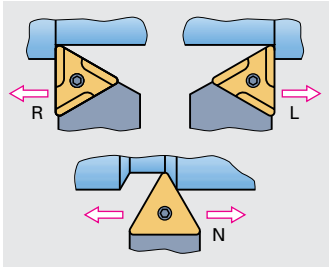


Hình 1: Giá dụng cụ cho các phương pháp gia công tiện khác nhau

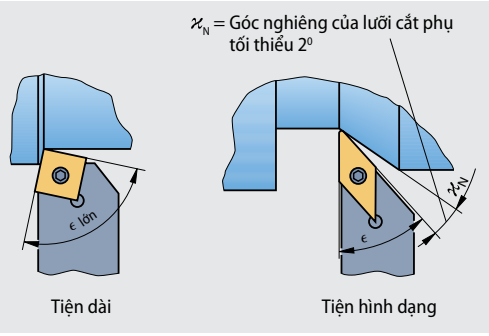
■ Hình dáng và độ lớn của mảnh cắt trở mặt

Vị trí của lưỡi cắt chính đến thân dao xác định **chiều cắt** (**Hình 2**). Người ta phân biệt kết cấu R (cắt phải), L (cắt trái) và N (cắt trung tính)

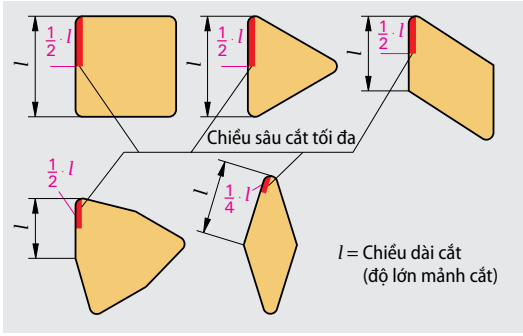
Góc mũi ε của mảnh cắt trở mặt càng lớn càng tốt vì tính ổn định. Tuy nhiên có thể sử dụng linh hoạt mảnh cắt trở mặt với góc mũi nhỏ, chủ yếu để áp dụng cho tiện chép hình và tiện tinh (**Hình 3**). Tiện phá (tiện thô) thì chọn **mảnh cắt lớn**, để chiều dài tác động của cạnh cắt l_a (chiều dài tiếp xúc của cạnh cắt với phoi) không vượt quá giá trị chuẩn (**Hình 4**).



Hình 2: Chiều cắt



Hình 3: Chọn góc mũi



Hình 4: Chiều sâu cắt tối đa

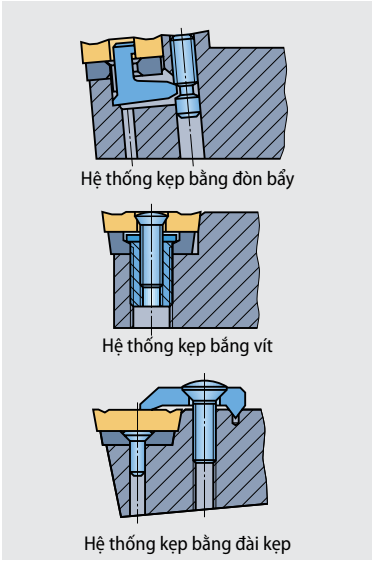
■ Sự kẹp chặt của mảnh cắt trở mặt

Để kẹp chặt mảnh cắt trở mặt vào cán dao người ta sử dụng các hệ thống kẹp khác nhau (**Hình 1**). Một mũi hợp kim cứng đệm lót dưới mảnh cắt trở mặt để bảo vệ cán dao khi mảnh cắt bị vỡ.

Trong **hệ thống kẹp bằng đòn bẩy** mảnh cắt trở mặt được siết ép chặt vào đế tựa, qua đó vị trí định vị có độ chính xác rất cao. Lúc thay mảnh cắt không có chi tiết nào rời ra. Hệ thống kẹp bằng đòn bẩy là sự lựa chọn ưu tiên cho đài dụng cụ (ụ dao) của gia công ngoài.

Hệ thống kẹp bằng vít thích hợp với đài dụng cụ có ít chỗ kẹp. Lỗ có ren ở cán dao nằm đối diện với lỗ lã cạnh của mảnh cắt trở mặt gần hơn nơi mặt tì của đế mảnh cắt. Do đó mảnh cắt lúc siết được ép chặt vào đế.

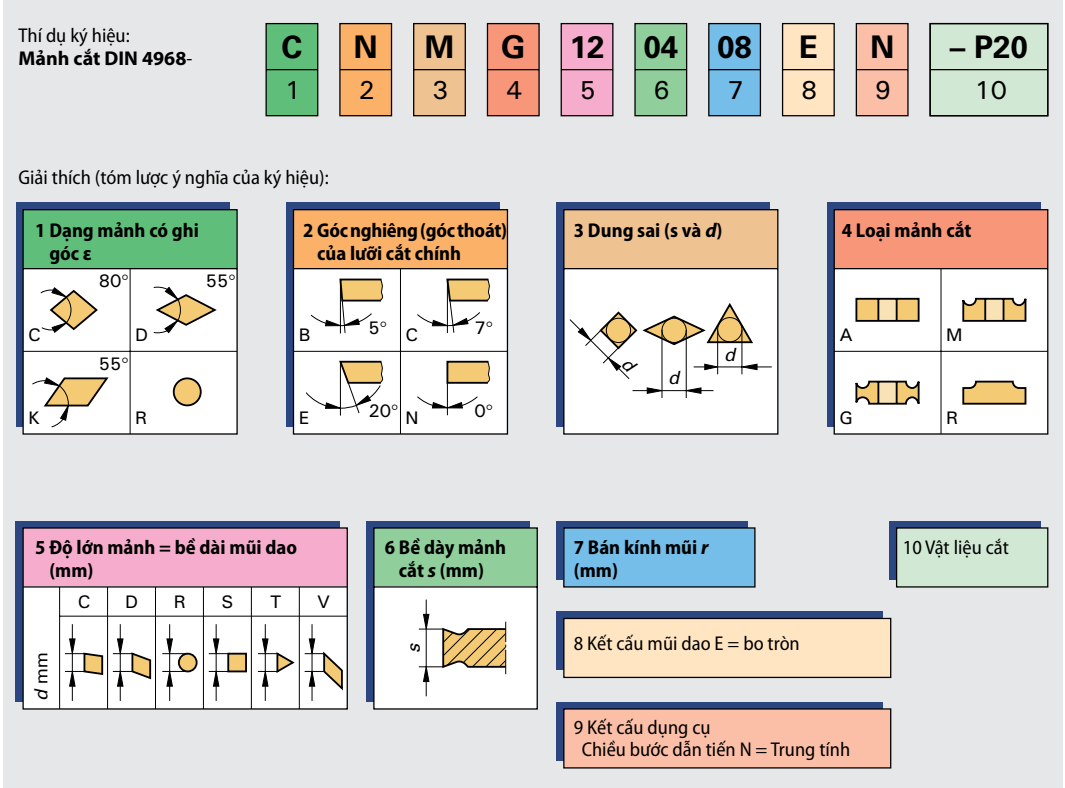
Với **hệ thống siết bằng đài kẹp ngón** mảnh hợp kim trở mặt không có lỗ giữa có thể được kẹp chặt. Hệ thống kẹp này không thích hợp cho gia công phá nặng, bởi vì mảnh cắt trở mặt có thể bị kéo ra khỏi đế mảnh cắt.



Hình 1: Hệ thống kẹp thường dùng

■ Ký hiệu của mảnh cắt trở mặt

Để xác định rõ ràng mảnh cắt trở mặt người ta áp dụng một hệ thống ký hiệu tiêu chuẩn hóa thông thường với 7 chỉ dẫn (**Hình 2**). Ký hiệu 8 và 9 được sử dụng khi có yêu cầu. Ký hiệu 10 có chứa chỉ dẫn theo sự lựa chọn của nhà sản xuất



Hình 2: Hệ thống ký hiệu cho mảnh cắt trở mặt

3.6.4.7 Sự chọn thông số cắt ở tiện

Dữ liệu cắt trong phương pháp tiện được xác định là tốc độ cắt v_c, bước dẫn tiến f và chiều sâu cắt a_b. Qua việc chọn đúng thông số cắt thích hợp sẽ đạt được:

- Tuổi bền tối ưu của dụng cụ
- Kết cấu phoi thuận lợi
- Độ bóng bề mặt yêu cầu
- Lượng phoi cắt lớn
- Lực cắt nhỏ như có thể

■ Tốc độ cắt và số vòng quay

Sự chọn lựa tốc độ cắt v_c cơ bản tùy thuộc theo khả năng gia công của vật liệu, vật liệu cắt được sử dụng và phương pháp tiện. Giá trị chuẩn cho tốc độ cắt có thể tra ở bảng hay ở danh mục (catalog) vật liệu cắt do nhà sản xuất cung cấp (**Bảng 1 và Bảng 2**). Thí dụ như để tiện phá chi tiết bằng thép hợp kim có hàm lượng carbon 0,35% với mũi hợp kim cứng có lớp phủ. HC-P15. Tra theo bảng 1 cho kết quả: bước dẫn tiến 0,4 mm, tốc độ cắt là 315 m/phút.

Ở máy tiện điều khiển kỹ thuật số (NC), tốc độ cắt thích hợp chủ yếu được lưu trữ vào ngân hàng dữ liệu (cơ sở dữ liệu), như vậy lúc lập trình sẽ có một giá trị khởi đầu được đề nghị.

Ở máy tiện với số vòng quay thay đổi theo bậc, số vòng quay n phải xác định theo tốc độ cắt được lựa chọn và đường kính của chi tiết tiện. Tốc độ điều chỉnh có thể đọc từ biểu đồ vòng quay (**Hình 1**) hay được tính từ tốc độ cắt v_c và đường kính phôi d.

Số vòng quay $$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$$

Thí dụ: Tiện một trục bằng thép C35 có đường kính $d = 75$ mm và bước tiến $f = 0,4$ mm. Sử dụng vật liệu cắt là mảnh cắt trở mặt hợp kim cứng có lớp phủ HC-P15. Tính số vòng quay n ở máy tiện có hộp số với tốc độ thay đổi từng bậc theo **Hình 1**.

Lời giải: theo Bảng 1 cho biết tốc độ cắt $v_c = 315$ m /phút. Theo biểu đồ số vòng quay (Hình 1) ta được tốc độ điều chỉnh $n = 1400$ vòng/ phút.

Tính số vòng quay

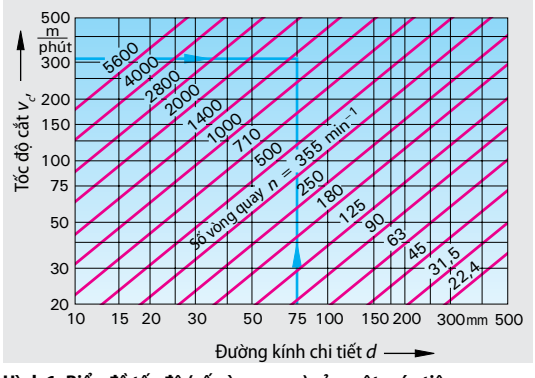
$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{315 \text{ m/phút}}{\pi \cdot 0,075 \text{ m}} = 1337 \text{ vòng /phút}$$

Bảng 1: Giá trị chuẩn áp dụng trong gia công phá (thô) cho thép (tiện dọc trục và tiện khoét)

Chi tiết		Hợp kim cứng, có lớp phủ	
Loại thép	Độ cứng HB	HC –P15	HC-P35
		Bước dẫn tiến mm	
		0,4 - 0,6	0,6 - 0,8
		Tốc độ cắt m/phút	
Không hợp kim:			
C = 0,15 %	90 – 200	365 – 310	225 - 200
C = 0,35%	125 - 225	315 - 265	195 - 170
C = 0,70%	150 – 250	300 – 250	185 - 160
Hợp kim thấp:			
Chưa tôi	150 – 250	270 – 230	135 - 115
Tôi cứng	220 – 450	155 – 120	75 – 65
Hợp kim cao:			
Nung ủ	150 – 250	235 – 195	110 - 95
Tôi cứng	250 – 350	120 – 115	60 - 50

Bảng 2: Giá trị chuẩn áp dụng trong gia công tinh cho thép (tiện dọc trục và tiện khoét)

Chi tiết		Hợp kim cứng, có lớp phủ	
Loại thép	Độ cứng HB	HC –P10	HC-P15
		Bước dẫn tiến mm	
		0,1 - 0,2	0,1 - 0,2
		Tốc độ cắt m/phút	
Không hợp kim:			
C = 0,15%	90 – 200	440 – 355	415 - 355
C = 0,35%	125 – 225	380 – 305	370 – 295
C = 0,70%	150 – 250	355 – 290	320 – 270
Hợp kim thấp:			
Chưa tôi	150 – 260	270 – 215	250 - 200
Tôi cứng	220 – 450	155 – 120	140 - 110
Hợp kim cao:			
Nung, ủ	150 – 250	240 – 190	225 – 175
Tôi cứng	250 – 350	125 – 100	110 - 90



Hình 1: Biểu đồ tốc độ (số vòng quay) của một máy tiện

■ Bước dẫn tiến

Bước dẫn tiến *f* bằng mm (mỗi vòng quay) nên chọn càng lớn càng tốt lúc tiện phá (tiện thô). Bước tiến bị hạn chế bởi công suất của máy, tải cho phép của lưỡi cắt, sự ổn định của chi tiết và an toàn của việc kẹp chi tiết. Để ngăn ngừa việc mũi cắt bị vỡ, bước dẫn tiến không nên vượt quá bước tiến tối đa.

$$f_{\text{tiện phá tối đa}} = \mathbf{0,5 \cdot bán\ kính\ mũi\ dao}$$

Ở tiện tinh hầu hết được tiện với bước tiến nhỏ, vì qua bước dẫn tiến và qua bán kính mũi dao sẽ ảnh hưởng đến độ bóng bề mặt và kích thước chính xác (**Bảng 1**).

$$f_{\text{Tiện tinh}} \leq \mathbf{0,3 \cdot Bán\ kính\ mũi\ dao}$$

Tiện với mảnh cắt tròn sẽ gia công với bước dẫn tiến lớn (**Hình 1**). Chi tiết tiện và đơn vị (gá) kẹp phải vững chắc để loại trừ sự rung.

■ Chiều sâu cắt

Chiều sâu cắt a_p (chiều rộng cắt) được xác định lúc tiện trụ và tiện mặt đầu (tiện khỏa mặt) từ bước dẫn tiến ngang của dụng cụ tiện, lúc tiện rãnh với bề rộng cắt (**Hình 2**). Ở tiện phá nên chọn chiều sâu cắt càng lớn càng tốt. Chiều sâu cắt bị hạn chế qua độ lớn của mảnh cắt trở mặt (Hình 4 trang 141), qua công suất dẫn động của máy tiện và qua sự ổn định của chi tiết tiện cùng đơn vị kẹp. Ở tiện tinh thì chiều sâu cắt tương ứng với lượng dư (dung sai).

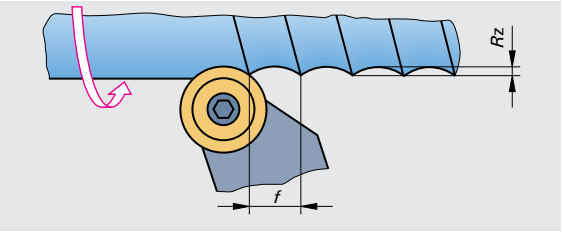
Tỷ lệ của chiều sâu cắt với bước dẫn tiến

Ta chọn chiều sâu cắt $a_p = 2$ mm và bước dẫn tiến $f = 1$ mm sẽ có kết quả là tiết diện kim loại bị cắt bằng nhau như ở $a_p = 4$ mm và $f = 0,5$ mm (**Hình 3**). Để đạt sự tạo phoi thuận lợi, tỷ lệ của chiều sâu cắt a_p với bước dẫn tiến *f* nên chọn giữa 4 : 10 và 10 : 1.

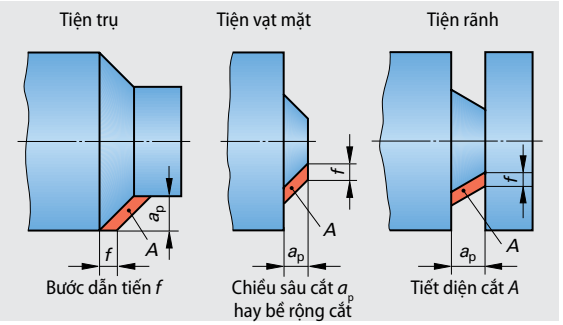
$$a_p : f_{\text{Tiện phá}} = \mathbf{4 : 1 \text{ đến } 10 : 1}$$

Bảng 1: Chiều cao nhấp nhô dự kiến đạt được tùy theo bán kính mũi dao và bước dẫn tiến

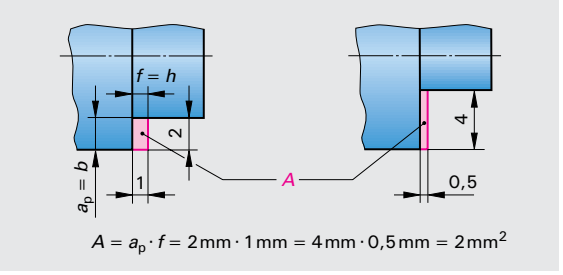
Chiều cao nhấp nhô R_z bằng µm	Bán kính mũi dao bằng mm			
	0,4	0,8	1,2	1,6
	Bước dẫn tiến bằng mm			
1,6	0,07	0,10	0,12	0,14
4	0,11	0,15	0,19	0,22
10	0,17	0,24	0,29	0,34
16	0,22	0,30	0,37	0,43
25	0,27	0,38	0,47	0,54



Hình 1: Tiện với mảnh cắt tròn



Hình 2: Bề rộng cắt và chiều sâu cắt



Hình 3: Chiều sâu cắt và bước dẫn tiến

Quy tắc làm việc cho tiện phá và tiện tinh

- Trước tiên tiện phá sẽ thiết lập một bước dẫn tiến lớn như có thể và một chiều sâu cắt tương ứng.
- Sau đó sẽ thay đổi giá trị khởi đầu cho tốc độ cắt ở bảng giá trị chuẩn tùy thuộc vào tuổi bền dự kiến.
- Ở tiện tinh ta đạt được độ bóng bề mặt cao qua bước dẫn tiến nhỏ và tốc độ cắt được tăng lên.

3.6.4.8 Lực và năng suất trong phương pháp tiện

Lực cắt F_c (lực tiếp tuyến) tác động tiếp tuyến với chu vi của chi tiết (**Hình 1**). Nó cùng với **lực bước dẫn tiến** (lực hướng trục) F_f tạo thành **lực chủ động** (lực ma sát) F_a. **Lực thụ động** (lực hướng kính) F_p trong tình trạng không ổn định đẩy chi tiết hay dụng cụ tiện. Lực ma sát và lực hướng kính kết hợp thành độ lớn và chiều của **lực cắt *F*** (**Hình 2**).

Độ lớn **của tiết diện cắt** *A* là tích số của chiều sâu cắt a_p và bước dẫn tiến *f* (bước dao chạy).

Tiết diện lớp cắt $A = a_p \cdot f = b \cdot h$

Góc nghiêng c quyết định dạng của tiết diện cắt (**Hình 3**). Ở một góc nghiêng c = 90° **bề dày lớp cắt** *h* bằng bước dẫn tiến *f*. Góc nghiêng c nhỏ hơn thì bề dày lớp cắt *h* nhỏ hơn, ngược lại **bề rộng cắt *b*** lại lớn hơn.

Bề dày cắt $h = f \cdot \sin \varkappa$

Lực cắt riêng k_c là lực cần thiết để cắt một lớp vật liệu với tiết diện lớp cắt A = 1 mm². Lực này chủ yếu phụ thuộc vào khả năng cắt gọt của vật liệu và bề dày lớp cắt *h* và có thể tra từ bảng (**Bảng 1**). Lực cắt F_c là tích số của lực cắt riêng và tiết diện cắt. Với lực cắt F_c, tốc độ cắt v_c và hiệu suất η của máy tiện ta sẽ được tính công suất truyền động yêu cầu của máy tiện.

Lực cắt $F_c = k_c \cdot A$

Công suất truyền động $P_e = \dfrac{F_c \cdot v_c}{\eta}$

Thí dụ: Một trục bằng thép 16 MnCr5 có đường kính 60 mm với chiều sâu cắt a_p = 4mm và với bước dẫn tiến f = 4 mm được tiện với mảnh cắt HC-P15. Góc nghiêng là c = 45°, hiệu suất của máy là η = 0,8. Công suất truyền động cần thiết của máy tiện là bao nhiêu?

Lời giải: Theo bảng 1 (trang 143) chọn tốc độ cắt

v_c = 270 m/phút

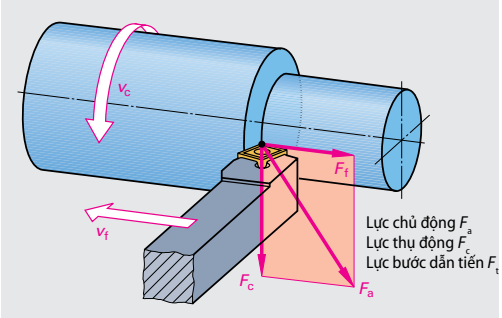
$h = f \cdot \sin \varkappa$ = 0,4 mm . sin 45° = 0,28 mm

$k_c \approx$ 1990 N /mm² (theo Bảng 1)

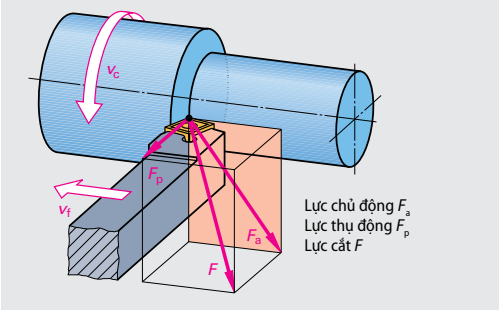
$F_c = k_c \cdot A$ = 1990 N/mm² . 4 mm . 0,4 mm = 3184 N

$$P_e = \frac{F_c \cdot v_c}{\eta} = \frac{3184\ \text{N} \cdot 270\ \text{m/60 s}}{0{,}8}$$

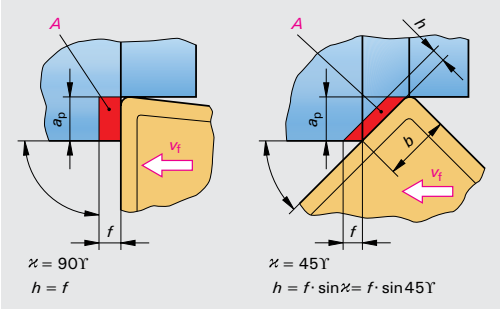
= 17910 Nm/s = 17910 W ≈ **18 kW**



Hình 1: Lực chủ động ở tiện



Hình 2: Lực cắt ở tiện



Hình 3: Độ lớn và dạng của tiết diện cắt

Bảng 1: Giá trị chuẩn của cho lực cắt riêng k_c ở tiện

Vật liệu	Lực cắt riêng k_c bằng N.mm² cho bề dày lớp cắt *h* bằng mm				
	0,1	0, 15	0,3	0,5	0,8
E295	2995	2600	2130	1845	1605
C35E	2700	2380	1990	1750	1540
9SMn 28	1985	1820	1615	1485	1365
16MnCr5	2795	2425	1990	1725	1495
37 MnSi5	2810	2500	2115	1880	1670

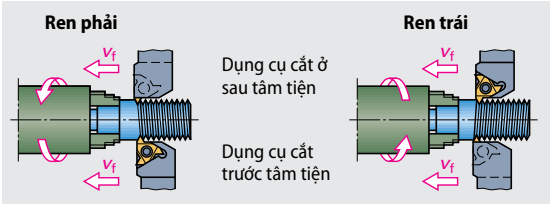
3.6.4. 9 Tiện ren

Phương pháp. Trong phương pháp tiện ren phải với trục chính quay thuận chiều (quay chiều phải), dụng cụ cắt (theo chiều) phải được kẹp trước tâm tiện. Đài dao (giá dao) ở sau tâm tiện dụng cụ cắt được kẹp trở ngược đầu (**Hình 1**). Ở tiện ren trái thì chiều tiện và vị trí của dụng cụ cắt trái được thay đổi cho phù hợp.

Dữ liệu cắt. Độ lớn của bước dẫn tiến *f* tương ứng với bước răng *P*. Trong gia công cắt ren hành trình cắt được thực hiện qua lại nhiều lần, trên máy tiện NC thường áp dụng dịch chỉnh cạnh biên ren được thay đổi (dịch chỉnh ngang) (Hình 1, trang 541). Số lần hành trình cắt tùy thuộc vào độ lớn của tiết diện răng và bước răng (**Bảng 1**). Độ lớn của lần chỉnh chiều sâu cắt cuối cùng nên nằm trong khoảng không dưới 0,05 mm. Ngoại trừ vật liệu có tính biến dạng cứng do gia công, thí dụ như thép chống mài mòn, người ta thêm một hoặc hai lần hành trình cắt tinh không dịch chỉnh ngang để đạt được độ bóng bề mặt cao và dung sai kích thước nhỏ. Tốc độ cắt ở tiện ren được chọn vào khoảng 25% thấp hơn so với tiện dọc trục nhằm ngăn chặn việc phát sinh nhiệt ở mũi dao. Khi sử dụng mảnh cắt trở mặt bằng hợp kim cứng thì tốc độ cắt không nên nằm dưới 40 m/phút để tránh sự hình thành biên tích tụ.

> Tốc độ cắt v_c ở tiện ren nên thấp hơn khoảng 25% so với tiện dọc trục

Dạng hình học của mảnh cắt trở mặt và đài dụng cụ (**đài dao, ổ gá dao**). Để gia công tiết diện ren người ta thường sử dụng mảnh cắt nguyên tiết diện (**Hình 2**). Đầu mũi ren được tạo dạng thành tiết diện ren chính xác. Tuy nhiên cho mỗi bước ren phải sử dụng mảnh cắt khác. Mảnh cắt trở mặt bán tiết diện có thể sử dụng cho nhiều bước răng, qua đó giảm chi phí lưu kho, đường kính tiện thô (tiện phá) phải giữ nguyên. Góc nghiêng của mảnh cắt ren tạo thành góc thoát α (góc sau phụ) (**Hình 3**). Ở chiều hướng trục mảnh cắt ren cũng phải nghiêng để góc sau phụ đủ lớn. (**Hình 4**). Góc nghiêng dọc trục phải tương ứng với góc bước ren, đạt được như thế qua việc thay đổi đệm lót (**Hình 5**).

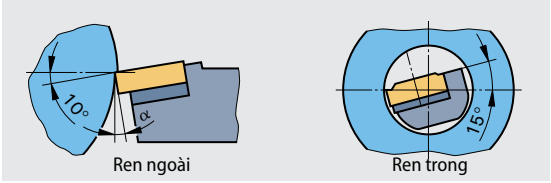


Hình 1: Tiện ren phải và ren trái

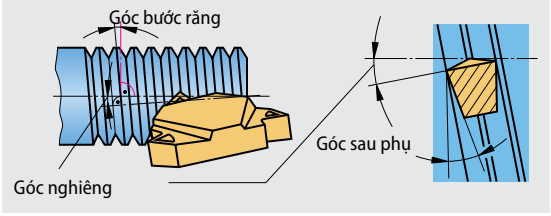
Bảng 1: Số công đoạn cắt (hành trình cắt) ở tiện ren ngoài

Số lần cắt	Dịch chỉnh ngang (mm)				
1	0,12	0,19	0,21	0,22	0,26
2	0,10	0,15	0.17	0,19	0,23
3	0,07	0,11	0,13	0,14	0,17
4	0,05	0,05	0.11	0,12	0,14
5			0,06	0,10	0,12
6				0,06	0,06
Bước răng (mm)	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50

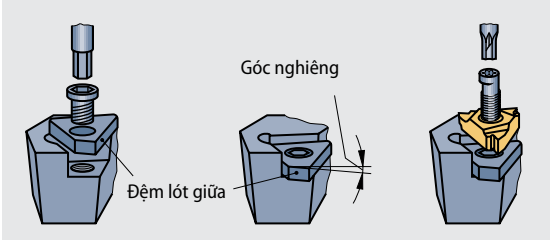
Hình 2: Mảnh cắt trở mặt



Hình 3: Góc nghiêng



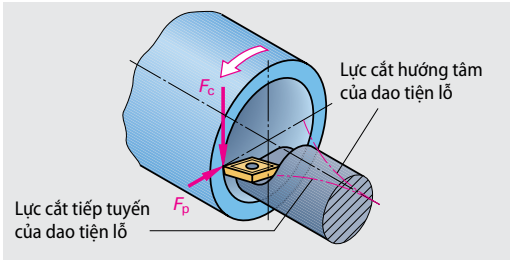
Hình 4: Sự tạo ra góc nghiêng



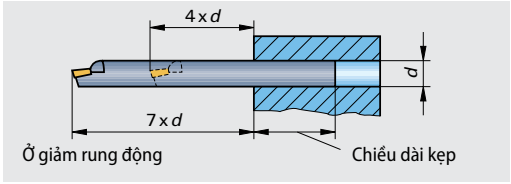
Hình 5: Thay đổi đệm lót

3.6.4.10 Gia công tiện lỗ trong và tiện chích rãnh ngoài

Trong **gia công tiện lỗ trong** với đường kính tiện nhỏ hay hay tiện lỗ sâu, dao tiện khoét lỗ có thể bị lệch và rung. Lực cắt F_c dẫn đến một độ võng (độ cong), lực thụ động F_p đẩy dao tiện vào hướng tâm (**Hình 1**). Nhằm giảm tối thiểu nguy cơ rung động và nguy cơ bị cong, dao tiện chỉ được phép nhô ra ngoài giá dao dài nhất là bốn lần đường kính cán dao (**Hình 2**). Dao tiện chống rung động cho phép phần nhô ra ngoài dài ra đến bảy lần đường kính của cán dao. Để có thể đạt được sự ổn định cao nhất, chiều dài kẹp phải tương ứng tối thiểu ba lần đường kính của cán dao.



Hình 1: Sự ăn cắt của dao tiện lỗ trong



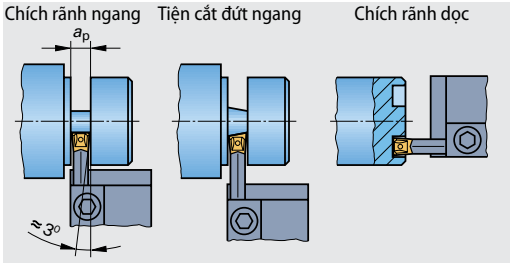
Hình 2: Chiều dài nhô ra của dao tiện lỗ

Chọn dụng cụ cho gia công lỗ trong

- Để giữ lực thụ động nhỏ, chọn góc nghiêng (góc điều chỉnh) càng lớn càng tốt (90⁰).
- Sử dụng mảnh cắt trở mặt với góc mặt trước (góc tạo phoi) dương để tiện tinh.
- Khi gia công với chiều sâu cắt nhỏ thì sử dụng bán kính mũi góc dao nhỏ
- Sử dụng tiết diện (đường kính) cán dao càng lớn càng tốt.

Tiện chích (cắt) rãnh và tiện cắt đứt

Tiện chích rãnh để tạo rãnh, tiện cắt đứt để tách chi tiết rời ra khỏi thanh vật liệu (**Hình 3**). Dạng hình học của bậc dẫn phoi (bậc phoi trượt) tạo dạng phoi nhỏ hơn bề rộng của rãnh, qua đó giảm thiểu nguy cơ phoi bị dồn ứ đọng trong rãnh và làm hư hại bề mặt chi tiết.



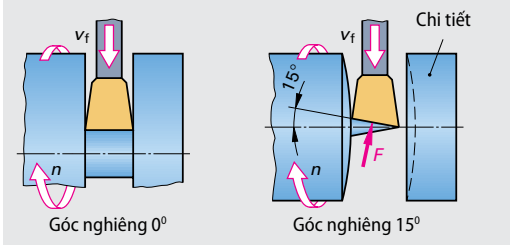
Hình 3: Tiện chích rãnh và tiện cắt đứt

Dao tiện chích rãnh chép hình phù hợp cho việc chích rãnh và tiện dọc trục (**Hình 4**). Thời gian gia công sẽ rút ngắn vì việc cần thiết phải thay dụng cụ giảm ít đi. Để tránh rung, tốc độ cắt ở tiện chích rãnh nên thấp hơn so với tiện dọc trục.

Hình 4: Dụng cụ tiện chích để chích rãnh và tiện dọc

Ở tiện cắt đứt với tốc độ cắt không đổi, số vòng quay tăng đến giới hạn khi đường kính cắt nhỏ dần. Để lực ly tâm không dẫn đến việc chi tiết sớm bị vỡ đi, quá trình tiện cắt đứt phải dừng lại ở số vòng quay nhỏ và bước dẫn tiến dưới 0,1 mm.

Sử dụng mảnh dao cắt đứt (chích) với góc nghiêng đến 25⁰ có thể giữ lại ở chi tiết một ba via hình nón rất nhỏ sau khi cắt (**Hình 5**). Ở góc nghiêng quá lớn và lực cắt lớn thì bề mặt phẳng lõm vào hay lồi ra khi dao tiện bị xô đẩy (chích vào).



Hình 5: Góc nghiêng của mảnh cắt chích rãnh

3.6.4.11 Tiện cứng

Ở tiện cứng chi tiết đã tôi cứng được gia công hoàn chỉnh qua tiện (**Hình 1**). Vật liệu cắt dùng ở đây là dao cắt bằng gốm hoặc bằng bor nitrit đa tinh thể (BN).

■ Ưu điểm của tiện cứng

Tiện cứng có thể được thay thế một phần cho mài. Việc đầu tư thiết bị và chi phí dụng cụ cho tiện ít hơn so với mài. Chi phí cho việc xử lý và tái tạo dung dịch cắt gọt được thuận lợi hơn hoặc hoàn toàn không cần ở gia công khô. Qua tiện cứng với dụng cụ tiêu chuẩn, đường biên trong và ngoài có thể được gia công với kích thước và độ bóng bề mặt có độ chính xác cao (**Hình 2**).

■ Quá trình gia công

So sánh với tiện thép không tôi thì ở tiện cứng xuất hiện lực cắt gọt lớn. Điều này đòi hỏi thiết bị phải chắc chắn và việc kẹp chặt dụng cụ cũng như chi tiết phải an toàn. Tiện cứng với chi tiết dài có đường kính nhỏ gây ra những khó khăn vì lực đẩy ngang (lực ly tâm) lớn. Phần lớn nhiệt trong quá trình gia công được dẫn thoát qua phoi nóng rực lên với nhiệt độ trên 1000°C. Chi tiết bị nung nóng ít, tinh thể tôi cứng hầu như không bị ảnh hưởng.

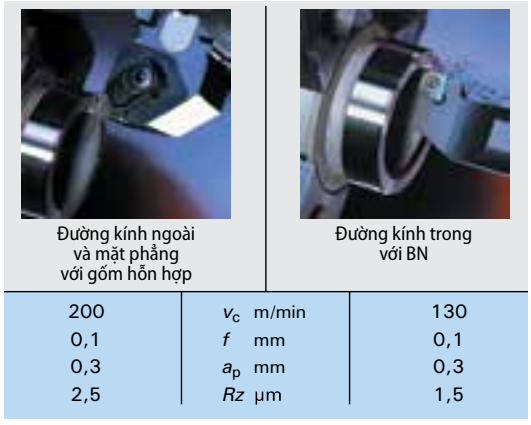
■ Chọn dụng cụ và dữ liệu cắt

Vật liệu cắt. Dao cắt bằng gốm phù hợp để gia công cắt gọt vật liệu có độ cứng đến 64 HRC. Với dao cắt bằng bor nitrit (BN) có thể gia công với vật liệu có độ cứng đến 70 HRC. Trong phạm vi độ cứng dưới 50 HRC, BN cho thấy độ mài mòn tăng cao.

Dữ liệu cắt. Vật liệu cứng càng lớn thì tốc độ cắt càng nhỏ, thông thường có giá trị từ 100 đến 300m/phút. Ở bước dẫn tiến từ 0,06 đến 0,12 mm có thể giữ độ nhấp nhô trung bình R_z từ 1,5 đến 4 µm. Trong phạm vi chiều sâu cắt nhỏ từ 0,2 đến 0,5 mm ở bán kính mũi cắt lớn thì lực thụ động rất lớn và có thể vượt qua lực cắt (**Hình 3**).

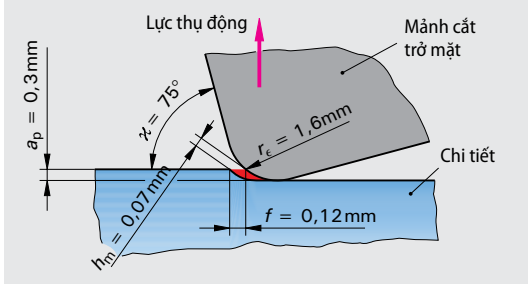
Dạng của cạnh cắt. Nguy cơ vỡ, mẻ cạnh ở dụng cụ cắt được giảm bớt qua một một vát bảo vệ nhỏ ở cạnh cắt (**Hình 4**). Ở trường hợp cắt không liên tục, thí dụ như tiện bậc với rãnh then, nên sử dụng mảnh cắt trở mặt với góc vát lớn.

Hình 1: Tiện cứng một lỗ khoan

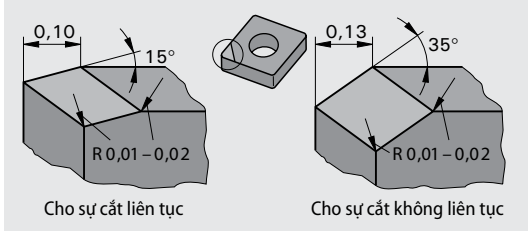


200	v_c m/min	130
0,1	f mm	0,1
0,3	a_p mm	0,3
2,5	Rz µm	1,5

Hình 2: Tiện cứng với gốm và bor nitrit (BN)



Hình 3: Độ lớn tiếp xúc và bán kính mũi dao

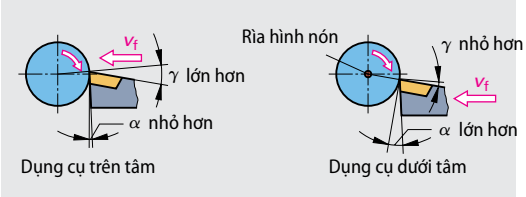


Hình 4: Vát bảo vệ ở lưỡi cắt

3.6.4.12 Hệ thống kẹp dụng cụ và hệ thống kẹp chi tiết

■ Việc kẹp dụng cụ tiện

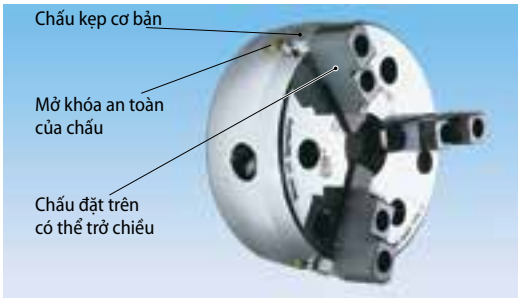
Dụng cụ tiện phải được kẹp ngắn và chặt để tránh rung. Mép cắt phải chỉnh ở ngay tâm. Đặt lệch tâm là nguyên nhân làm thay đổi hiệu quả góc ở dao tiện (**Hình 1**). Chỉnh dao trên tâm làm hẹp góc thoát, dụng cụ đẩy vào. Chỉnh dao dưới tâm lúc chích rãnh sẽ có rìa. Để giảm thời gian lắp đặt, dụng cụ thường được gắn vào đài dao ở ngoài máy và qua gá được chỉnh đúng vị trí chiều cao tâm và chiều dài cán dao nhô ra.



Hình 1: Độ cao của dụng cụ có vị trí sai lệch khi tiện ngang

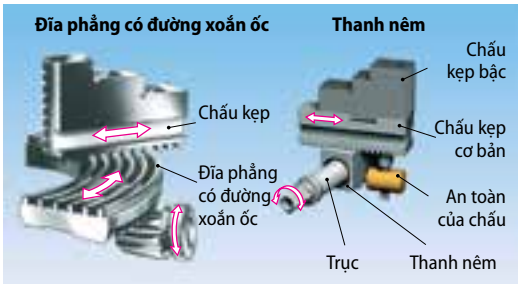
■ Kẹp chi tiết

Chi tiết phải được kẹp an toàn, đơn giản với lỗi đảo mặt đầu càng nhỏ càng tốt và ít biến dạng. Với **mâm cặp** chi tiết có thể kẹp trong hay kẹp ngoài lỗ. Mâm cặp ba chấu kẹp được chi tiết tròn hay chi tiết có ba hoặc sáu cạnh đều (**Hình 2**). Ở mâm cặp điều khiển bằng tay các chấu kẹp được di chuyển bởi một đĩa phẳng có đường xoắn ốc hoặc một thanh nêm (**Hình 3**). Các chấu kẹp không được nhô quá dài ra ngoài mâm cặp vì nếu không sẽ dẫn đến tình trạng lực kẹp quá thấp và nguy cơ tai nạn tăng lên.



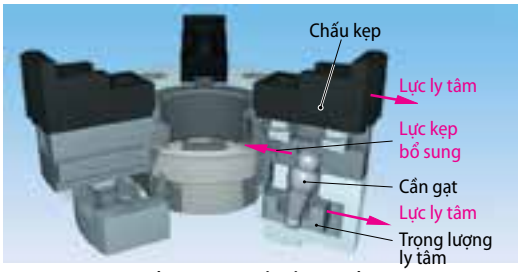
Hình 2: Mâm cặp 3 vấu (chấu)

> Chấu kẹp nhô ra làm nguy cơ tai nạn tăng cao.



Hình 3: Chuyển động của chấu kẹp

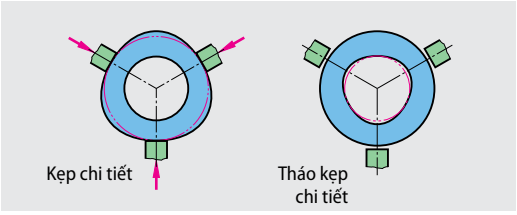
Ở **mâm cặp bằng lực**, lực kẹp được tạo ra bằng khí nén hay bằng thủy lực. Với số vòng quay cao lực kẹp của chấu kẹp sẽ giảm đi vì lực ly tâm. Do đó mâm cặp cho vòng quay cao có một bộ phận cân bằng lực ly tâm (**Hình 4**). Lực ly tâm của trọng lượng cân bằng tác động ngược lại với lực ly tâm của chấu kẹp và giữ cho lực kẹp gần như không đổi trong phạm vi giới hạn của số vòng quay cho phép.



Hình 4: Mâm cặp bằng lực với kết cấu cân bằng qua lực ly tâm

Lực mâm cặp. Lực kẹp lớn quá dẫn đến hư hại bề mặt chi tiết qua các chấu kẹp và có thể tạo ra sai lệch hình dạng ở chi tiết (**Hình 5**). Chi tiết có thành mỏng sẽ biến dạng đàn hồi khi siết kẹp quá mạnh. Thí dụ như lúc tiện lỗ khi tháo chi tiết ra không còn tròn vì biến dạng dẻo đàn hồi trở lại.

> Lực kẹp phải thích ứng với độ lớn của lực cắt cũng như hình dạng và độ ổn định của chi tiết.



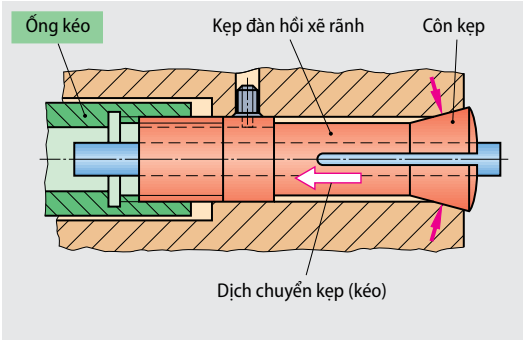
Hình 5: Lỗi hình dạng qua ứng suất

■ Ống kẹp đàn hồi (Kẹp rút)

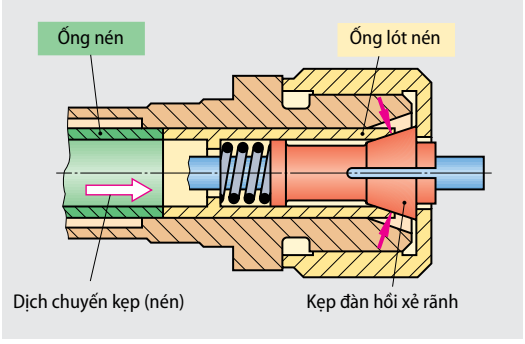
Lực kẹp ở ống kẹp đàn hồi được tải ra (truyền đến) gần như toàn bộ chu vi của chi tiết, điều này thuận lợi cho việc chạy đúng và bề mặt của chi tiết tiện. Rất phù hợp với số vòng quay cao.

Ống kẹp đàn hồi kéo được điều khiển bởi một ống kéo rút (**Hình 1**). Khi kẹp chi tiết, ống kẹp đàn hồi có rãnh được kéo vào ống lót côn. Qua chuyển động thẳng của ống kẹp đàn hồi, chi tiết cũng được kéo theo vào một ít. Điều này phải chú ý lúc tiện kích thước dài.

Ở **ống kẹp đàn hồi nén**, việc kẹp được điều khiển qua ống lót nén, ống lót nén này được kéo dọc trục qua ống nén (**Hình 2**). Ống kẹp đàn hồi nén không thay đổi vị trí dọc trục của chi tiết trong lúc kẹp, tuy nhiên vì ống lót nén bổ sung nên nó chiếm nhiều chỗ hơn so với ống kẹp đàn hồi.



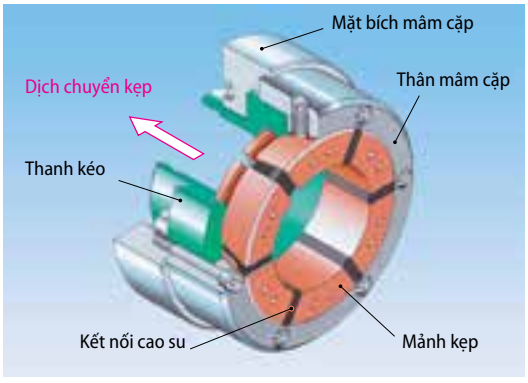
Hình 1: Ống kẹp đàn hồi kéo



Hình 2: Kẹp đàn hồi nén

■ Đầu kẹp

Đầu kẹp là những mảnh kẹp rời được kết nối với nhau qua các đệm cao su đàn hồi (**Hình 3**). Khi kẹp những mảnh kẹp nằm trên toàn bộ chiều dài của thân mâm cặp. Do đó lực kẹp trải đều trên toàn bộ chiều dài của mảnh kẹp. Tác động đàn hồi của cao su ép tách các mảnh kẹp ra khi nới lỏng. Nó có thể được chuyển tiếp qua phạm vi kích thước lớn hơn. Để thay đổi đầu kẹp, các mảnh kẹp bị ép vào qua một gá thay, gá này tác động đến các chốt trong các lỗ khoan ở mặt đầu (mặt mút). Qua đó đầu kẹp có thể được nới lỏng bởi thanh kéo ở đằng trước và thay thế bằng đầu kẹp khác.

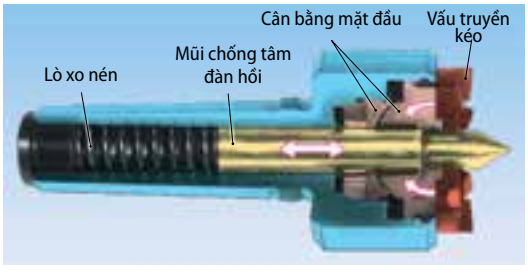


Hình 3: Đầu kẹp

■ Khả năng kẹp khác

Nếu phải tiện hết toàn bộ chiều dài, chi tiết tiện được kẹp ở **giữa hai đầu chống tâm**. Sự truyền kéo chi tiết theo phần lớn được thực hiện qua một vấu ở mặt đầu có các vấu răng tôi cứng ép đẩy vào mặt phẳng chi tiết (**Hình 4**).

Chi tiết với lỗ cũng có thể được kẹp trên **trục gá tiện hoặc trục gá kẹp**. Trục gá tiện có độ côn giảm nhẹ ($C = 1:2000$) ép vào lỗ. Trục gá kẹp thì ngược lại qua một côn nón bung ra.



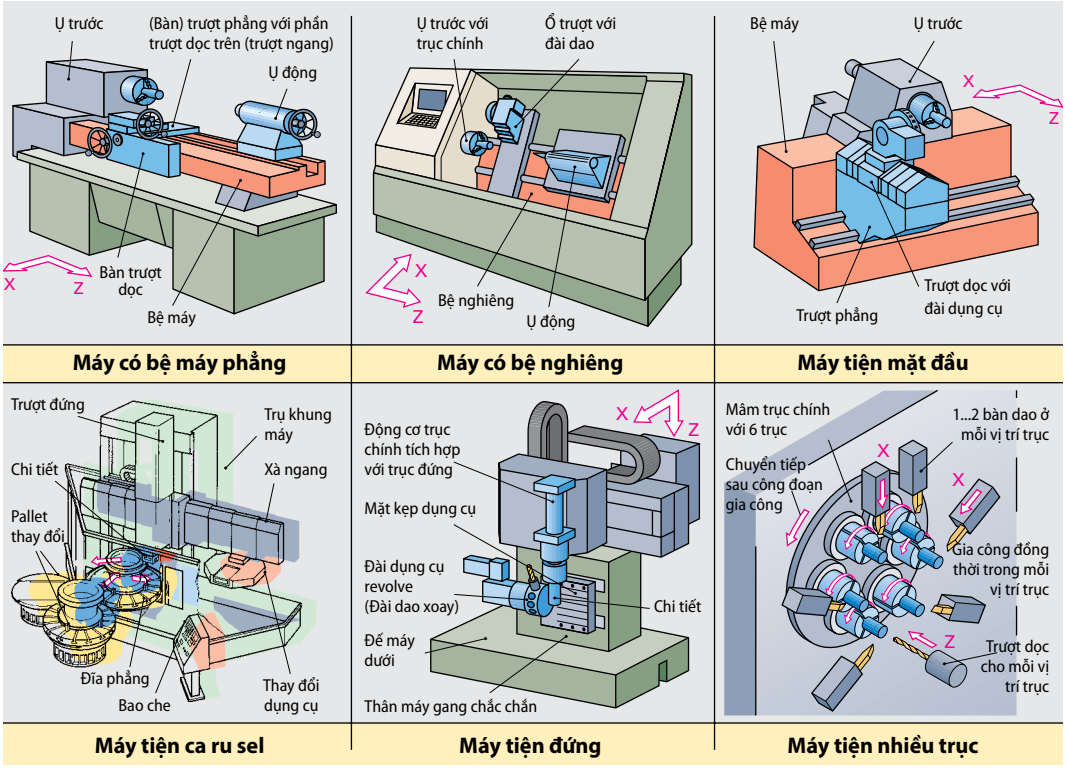
Hình 4: Vấu truyền kéo mặt đầu

Ôn tập và đào sâu

1. Tại sao phải chỉnh đúng tâm mép cắt của dụng cụ tiện ở tiện ngang?

3.6.4.13 Máy tiện

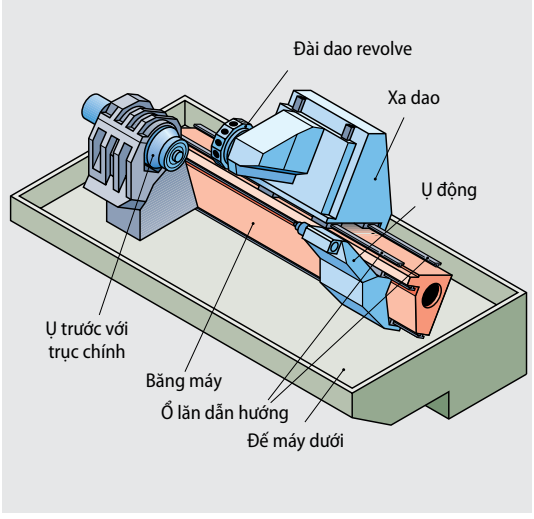
Máy tiện được phân loại tùy theo loại bệ máy (băng máy), vị trí của trục chính hoặc số lượng của trục chính (**Hình 1**). Độ lớn đặc trưng quan trọng là đường kính kết cấu rỗng của trục chính để đưa phôi dạng thanh đi qua, đường kính tiện tối đa và chiều dài tiện của chi tiết, công suất truyền động và số vòng quay tối đa của trục chính cũng như số lượng đài dao (ổ gá dao tiện, ụ dao) với chỗ có sẵn để sử dụng cho dụng cụ.



Hình 1: Các loại máy tiện

■ Các cụm lắp ráp chính ở máy tiện

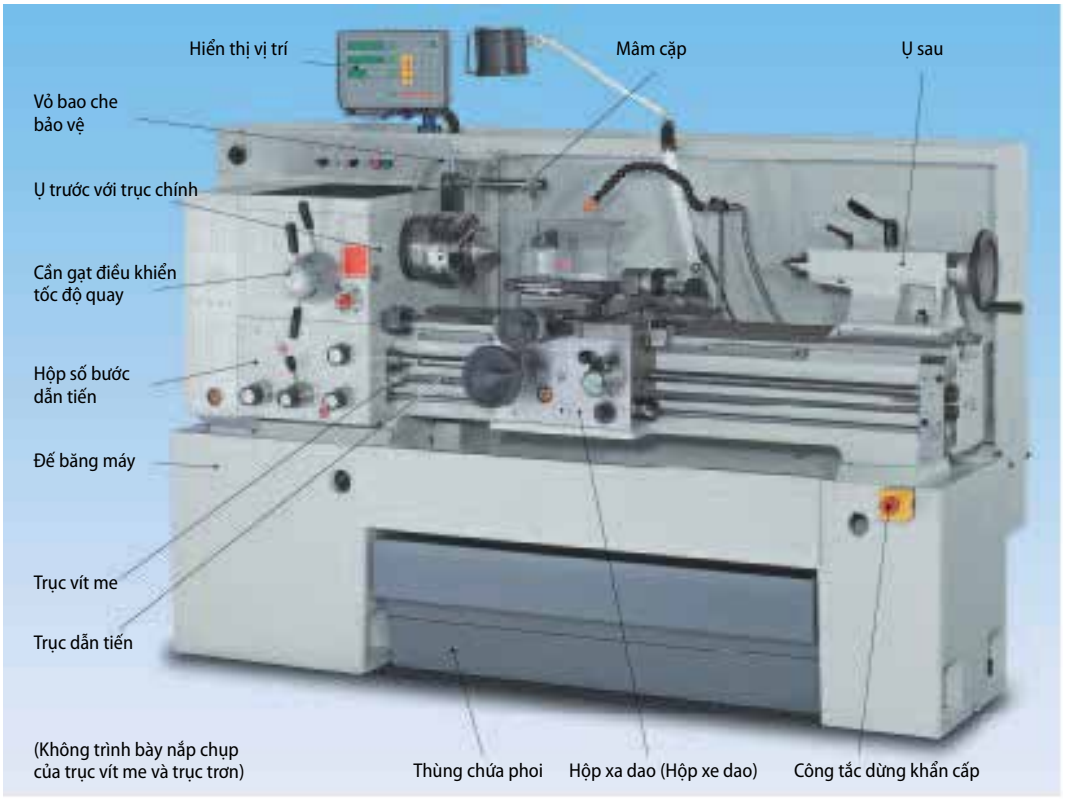
Máy tiện thường được lắp ráp theo môđun, nghĩa là tùy theo yêu cầu của người sử dụng, máy công cụ được cung cấp những đơn vị lắp ráp cần thiết, thí dụ như ụ động hay trục (ụ) chống chính. Gắn chặt trên đế máy là băng máy (bệ máy, thân máy) mang ụ trước (**Hình 2**). Bàn trượt xa dao (xe dao) với đài dao phần lớn được di chuyển qua ổ lăn dẫn hướng. Ổ lăn dẫn hướng này gắn chặt với băng máy bằng vít. Băng máy phải là loại có sức chịu đựng bền xoắn và giảm rung để chất lượng độ bóng bề mặt của chi tiết tiện và tuổi thọ của dụng cụ không bị giảm sút. Băng máy phần lớn được chế tạo từ gang, các lỗ rỗng được đổ đầy bột đá hoa cương kết dính bằng nhựa tổng hợp (Bê tông polyme) hay chế tạo bằng khối khoáng chất đúc đặc (Bê tông nhựa keo phản ứng).



Hình 2: Cụm lắp ráp chính ở máy tiện

■ Máy tiện vạn năng

Máy tiện vạn năng được sử dụng cho gia công đơn lẻ và gia công loạt nhỏ cũng như chế tạo dụng cụ và chế tạo gá lắp (**Hình 1**).



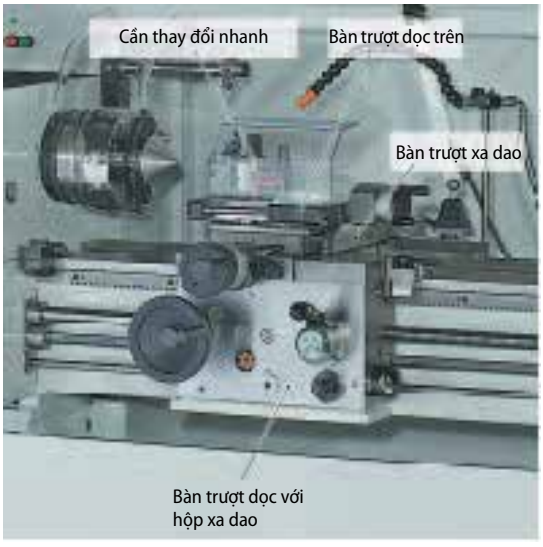
Hình 1: Máy tiện vạn năng

Trục làm việc chính. Trục làm việc chính trong ụ trước được dẫn hướng trong ổ trục lăn chủ yếu truyền động bằng động cơ 3 pha qua hộp số với các cấp tốc độ hay vô cấp qua một động cơ 3 pha điều khiển bằng biến tần.

Bàn trượt gồm bàn xa dao, hộp xa dao, bàn trượt ngang, bàn trượt dọc trên với giá kẹp dụng cụ tiện (**Hình 2**).

Hộp số bước dẫn tiến *(Bước dẫn tiến cơ)* cho bàn xa dao hay bàn trượt ngang được điều khiển bởi hộp số bước dẫn tiến. Ở những máy tiện với động cơ dẫn tiến điều chỉnh được, việc truyền động được thực hiện qua một trục vít ren hình cầu. Qua hệ thống đo hành trình được gắn vào máy, vị trí chuyển động của bàn trượt xa dao sẽ được hiển thị bằng số.

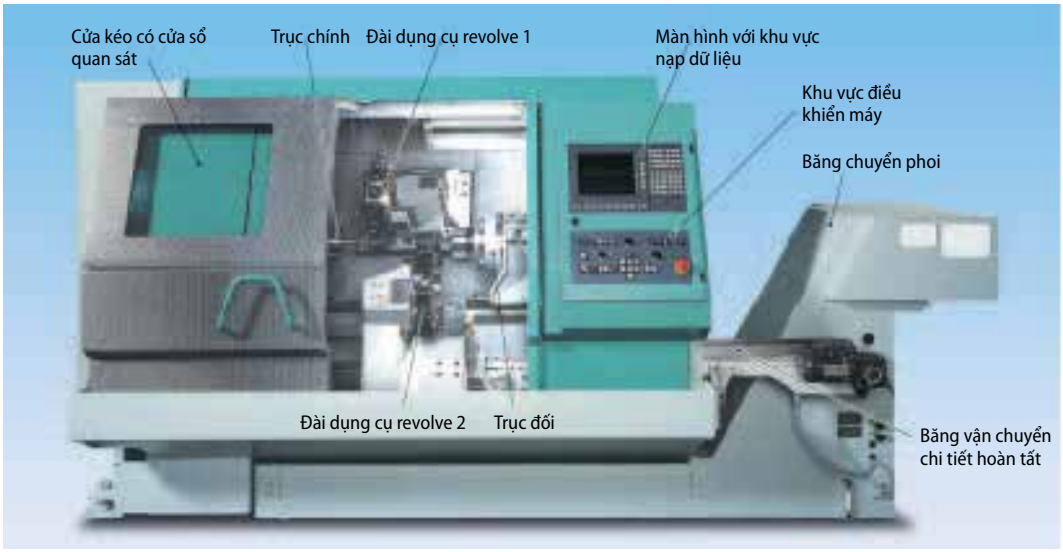
Ụ động. Ụ này được sử dụng để đỡ chi tiết dài, để giữ phôi giữa mũi chống hoặc để gắn đầu khoan.



Hình 2: Hộp xa dao

■ Máy tiện CNC

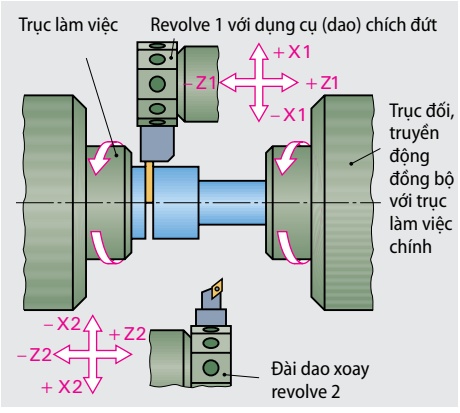
Trong sản xuất phần lớn sử dụng máy tiện CNC (điều khiển số bằng máy tính). Một máy cơ bản đơn giản với một trục chính làm việc, như đài dao (giá đỡ dụng cụ) là một revolve chuyển động theo chiều X và chiều Z. Qua những bước mở rộng hơn nữa thí dụ như thêm một revolve thứ hai, dụng cụ được truyền động hay dẫn động hay dụng cụ cho gia công mặt sau là máy có thể gia công hoàn chỉnh các chi tiết (**Hình 1**).



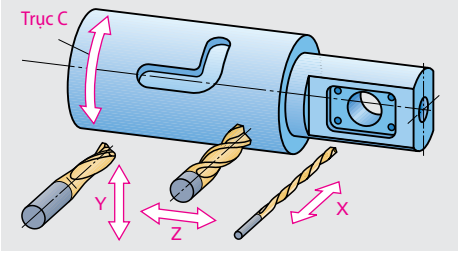
Hình 1: Máy tiện CNC

■ Các bước mở rộng của máy tiện CNC

Với một trục đối được truyền động đồng bộ với trục làm việc, người ta có thể kẹp chi tiết ở gờ tiện. Nhờ vậy lúc tiện cắt đứt không có rìa xờm (Ba via) (**Hình 2**). Đoạn chi tiết kẹp, chích đứt ở trục đối có thể gia công hoàn chỉnh bởi dụng cụ ở đài dao xoay revolve thứ hai. Với đài dao xoay revolve thứ nhất chi tiết tiếp theo có thể được gia công đồng thời ở trục làm việc chính. Một hệ thống dừng trục chính, một thiết bị chuyển mạch công tắc và một trục Y bổ sung tạo điều kiện thực hiện các nguyên công phay và gia công lỗ ngang ngoài tâm với những dụng cụ được dẫn động (**Hình 3**). Các máy với một trục C có trục chính làm việc ở bước xoay $1/1000^0$ cho phép mở rộng khả năng gia công, thí dụ như khắc chữ hay phay đường biên dạng trên tất cả ba chiều của trục chính.



Hình 2: Chích cắt đứt không có rìa xờm



Hình 3: Những khả năng gia công với dụng cụ được truyền động

Ôn tập và đào sâu

1. Máy tiện có thể được phân loại theo những đặc tính nào?
2. Máy tiện CNC cần phải có thiết bị nào khi khoan lỗ ngoài tâm?

3.6.5 Phay

Phương pháp phay được sử dụng để gia công bề mặt phẳng và đường biên (đường rìa) (**Hình 1**). Ở mỗi vòng quay của dao phay lưỡi cắt lần lượt tiếp xúc (chạm) rồi thoát ra từ chi tiết và được làm nguội. Việc **cắt không liên tục** làm dao động lực cắt và nhiệt độ của lưỡi cắt.

3.6.5.1 Thông số cắt gọt (Biến gia công)

Tốc độ cắt v_c được chọn tùy theo vật liệu cắt và vật liệu phay. Cần lưu ý sự khuyến nghị về các giá trị chuẩn của nhà sản xuất dụng cụ cho phay phá và phay tinh (**Bảng 1**).

Bước dẫn tiến *f* cho mỗi vòng quay của dao phay và **bước dẫn tiến cho mỗi răng** f_z của từng lưỡi phay xác định chất lượng độ bóng bề mặt đạt được và sự chịu tải của lưỡi cắt.

Tốc độ cắt v_c nên chọn lớn như có thể để đạt hiệu quả kinh tế.
Việc **gia tăng bước dẫn tiến mỗi răng** làm tăng **bề dày cắt**, lực cắt và độ mài mòn của dụng cụ.

Tốc độ bước dẫn tiến v_f bằng mm/phút nhận được từ bước tiến mỗi răng f_z, số răng của dao phay z và số vòng quay *n*.

Tốc độ bước dẫn tiến

$$v_f = f \cdot n$$
$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

Tương ứng với sự chọn lựa bước dẫn tiến mỗi răng f_z và tốc độ cắt v_c người ta điều chỉnh ở máy phay tốc độ bước tiến và số vòng quay.

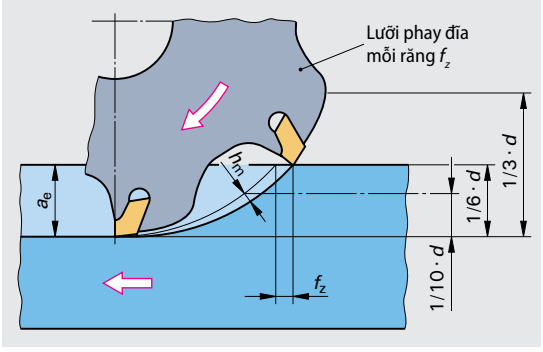
Bề dày cắt *h* ở phay mặt đầu là độ lớn cố định, trong khi những phoi hình dấu phẩy ở phay chu vi rất khó xác định (**Hình 2**). Do đó **bề dày cắt trung bình** h_m thích hợp hơn để đánh giá tải của lưỡi cắt. Bề dày cắt h_m nào phát sinh ở phay chu vi còn tùy thuộc theo chiều sâu cắt a_e, đường kính lưỡi phay *d* và bước tiến mỗi răng f_z (**Bảng 2**).

Trong phương pháp phay chu vi, thí dụ với phay đĩa, người ta đạt được ở chiều sâu cắt nhỏ một bề dày cắt đầy đủ khi bước dẫn tiến mỗi răng được tăng lên (Bảng 2).

Hình 1: Phay đường biên

Bảng 1: Giá trị chuẩn cho v_c (m/phút) và f_z (mm) cho dao phay với lưỡi cắt bằng hợp kim cứng

	Cắt tiếp xúc nhiều		Cắt tiếp xúc ít	
	Phay phá	Phay tinh	Phay phá	Phay tinh
v_c m/phút				
f_z mm				
Thép không hợp kim	100-250	200-400	100-300	250-450
R_m < 800 N/mm²	0,1-0,4	0,1-0,2	0,15-0,3	0,1-0,2
Thép hợp kim	100-200	150-250	100-250	200-350
R_m > 800 N/mm²	0,15-0,25	0,1-0,2	0,1-0,25	0,1-0,2
Gang	100-150	150-300	100-200	150-300
	0,15-0,3	0,1-0,2	0,15-0,25	0,1-0,15



Hình 2: Độ lớn gia công ở phay rãnh

Bảng 2: Tăng bước dẫn tiến đề nghị cho mỗi răng f_z ở phay rãnh phụ thuộc vào chiều sâu cắt a_e

a_e =	1/3 . *d*	1/6 . *d*	1/8 . *d*	1/10 . *d*	1/20 . *d*
Bước dẫn tiến	đề nghị f_z	Tăng bước dẫn tiến f_z			
		15%	30%	45%	100%
f_z (mm)	Thí dụ: 0,25	0,29	0,32	0,36	0,5
h_m (mm)	0,22	0,26	0,28	0,32	0,45

Bề rộng cắt a_e còn gọi là **bề rộng phay** hoặc **bề rộng tiếp xúc cắt** cho biết dao phay ăn vào chi tiết với bề rộng bao nhiêu (Hình 1 và Hình 3).

Chiều sâu cắt xuyên tâm a_e biểu thị chiều sâu tiếp xúc cắt xuyên tâm (bề rộng phay) của dụng cụ ở dao phay trụ (dao phay ngón) và dao phay đĩa (**Hình 2**).

Chiều sâu cắt dọc trục a_p xác định độ sâu điều chỉnh dọc trục của dụng cụ ở dao phay trụ và dao phay phẳng và do đó cũng xác định khối lượng phoi cắt chủ yếu trong một thời gian nhất định.

Khối lượng phoi cắt trong một thời gian nhất định Q (cm³/phút) cho thấy khối lượng phoi loại bỏ ở chi tiết mỗi phút và là một thước đo hiệu quả kinh tế của phương pháp sản xuất.

Khối lượng phoi cắt ở một thời gian nhất định $Q = a_p . a_e . v_f$

Góc tiếp xúc khi cắt (góc áp lực) φ_s là góc giữa lưỡi phay đi vào và dao phay thoát ra (**Hình 4**). Nó xác định nhiều mũi cắt tiếp xúc cắt cùng một lúc là như thế nào.

Góc tiếp xúc cắt ở phay mặt đầu đối xứng $\sin\frac{\varphi_s}{2} = \frac{a_e}{d}$

Số lần của lưỡi dao tiếp xúc $Z_e = \frac{\varphi_{s\,.\,z}}{360^0}$

Càng nhiều lưỡi dao tiếp xúc cắt cùng một lúc dẫn đến việc cắt càng êm hơn.

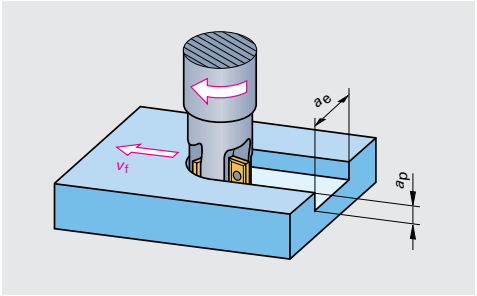
Thí dụ: Một chi tiết bằng thép 16 MnCr5 được phay phẳng (**Hình 3**). Chọn dao phay phẳng có đường kính d = 80mm gắn với sáu mảnh cắt trở mặt hợp kim cứng. Bề rộng phay là 60mm, với chiều sâu cắt được chọn là 4 mm. Đại lượng cắt gọt (thông số) v_c = 120 m/phút, f_z = 0,2 mm, a_e = 60mm, a_p = 4mm. Hỏi: n, v_f và Q là bao nhiêu?

Lời giải: $\boldsymbol{n} = \frac{v_c}{\pi . d} = \frac{120\ \text{m/min}}{\pi . 0{,}08\ \text{m}} = \mathbf{477\ /\ min^{-1}}$

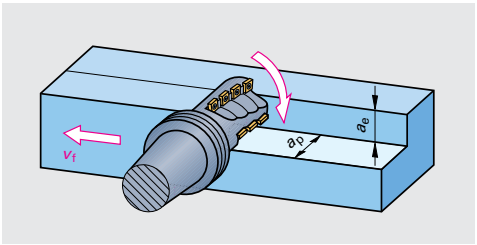
$\boldsymbol{v_f} = f_z . z . n = 0{,}2\ \text{mm} . 6 . 477/\text{min}^{-1} = \mathbf{572\ mm/phút}$

$\boldsymbol{Q} = a_p . a_e . v_f$

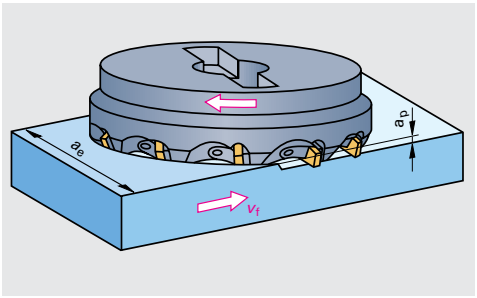
$= 4\ \text{mm} . 60\ \text{mm} . 572\ \text{mm/phút} = \mathbf{137\ cm^3/phút}$



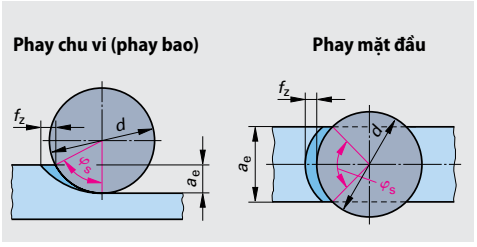
Hình 1: Chiều sâu cắt dọc trục a_p và bề rộng phay xuyên tâm a_e ở phay mặt đầu



Hình 2: Chiều sâu cắt dọc trục a_p và bề rộng phay xuyên tâm a_e ở phay chu vi (phay bao)



Hình 3: Chiều sâu cắt dọc trục a_p và bề rộng phay a_e ở phay phẳng mặt đầu đối xứng



Hình 4: Góc tiếp xúc cắt φ_s (góc áp lực φ_s)

Ôn tập và đào sâu

1 Tác động nào xảy ra gì khi phay gián đoạn (không liên tục)?

2 Tại sao nên lựa chọn tốc độ cắt lớn như có thể?

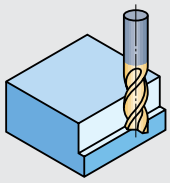
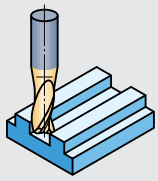
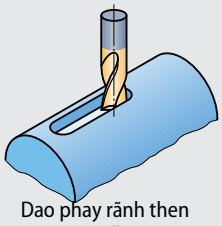
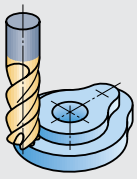
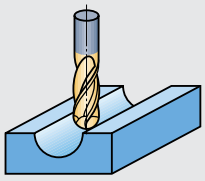
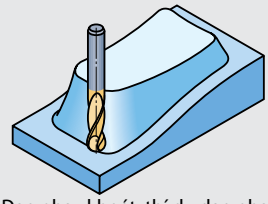
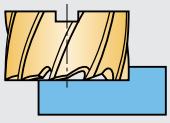
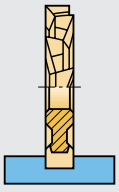
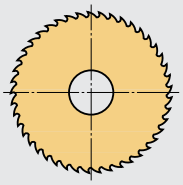
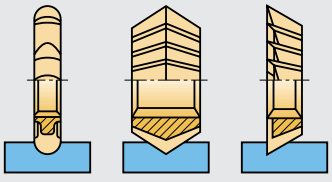
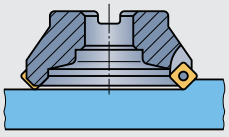
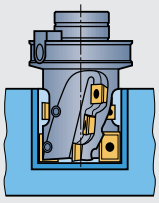
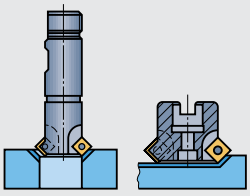
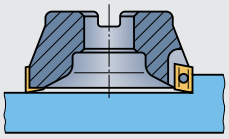
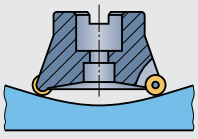
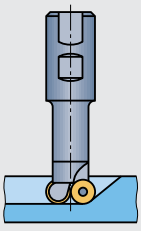
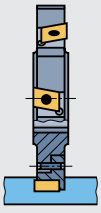
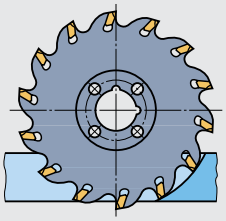
3 Vì sao tăng bước dẫn tiến lúc phay rãnh với chiều sâu cắt a_e nhỏ?

4 Một chi tiết có bề rộng 80mm cần phải phay hoàn tất với một dao phay phẳng (d=10mm) gắn sáu mảnh cắt hợp kim cứng (v_c=300 m/phút, f_z = 0,1 mm). Như vậy n, v_f và Q là bao nhiêu khi a_p = 3mm?

3.6.5.2 Dụng cụ phay

Dụng cụ phay có thể phân biệt tùy theo loại của gá mang (dao phay lắp cán hay dao phay trụ), theo vật liệu cắt và hình dáng của mũi cắt hay mảnh cắt (dao phay phá hay dao phay tinh) hoặc phương pháp gia công phay, thí dụ: phay phẳng, phay góc, phay rãnh, phay chép hình (**Bảng 1**).

Bảng 1: Dụng cụ phay

Dao phay trụ	Dụng cụ bằng thép gió, hợp kim cứng toàn bộ hay cermet	 Dao phay trụ (90^0 - dao phay góc)  Dao phay rãnh (dao phay rãnh chính xác)  Dao phay rãnh then (phay lỗ dài)  Dao phay ngón (phay chu vi, phay đường biên)  Dao phay bán kính hay dao phay trụ cầu (phay chép hình, móc rỗng)  Dao phay khoét, thí dụ dao phay chép hình hay dao phay trụ cầu
Dao phay lắp cán	Dụng cụ bằng thép gió hay mảnh cắt hợp kim cứng hàn vẩy	 Dao phay lăn mặt đầu  Dao phay đĩa  Đĩa cưa  Dao phay định hình (tiết diện bán nguyệt (lõm), chữ V, góc)
Dụng cụ phay với mảnh cắt trở mặt	Mảnh cắt bằng hợp kim cứng (nitrít), gốm hay với mũi cắt bằng kim cương (PKD) cũng như bor nitrít (PKB)	 Dao phay phẳng  Dao phay lăn mặt đầu (Dao phay góc 90^0, dao phay rãnh)  Dao phay vạt cạnh (vạt cạnh, lã, rãnh có prôfin)  Dao phay góc  Dao phay chép hình (phay hình dạng và khoét, móc rỗng)  Dao phay chép hình (phay hình dạng và khuôn dập, móc rỗng)  Dao phay đĩa (Phay rãnh, cắt rời, khía)  Dao phay cắt rời

Nhóm ứng dụng (**các kiểu dao phay**) **N, H và W** phân biệt phay trụ dựa vào góc xoắn và góc trước (góc tạo phoi) (**Bảng 1**).

Dao phay phá bằng thép gió HSS kết nối phoi ngắn và dày, tạo một lực cắt tương đối nhỏ và để thoát dễ dàng (**Hình 1**). Dao phay phá với khía răng dây có tiết diện tròn phù hợp để phay thô. Dao phay phá với tiết diện phẳng cho ra phoi nhuyễn hơn. Dao phay không có bộ chia phoi tạo ra độ bóng bề mặt cao, tuy nhiên lại phát sinh ra phoi rộng bản.

Tùy theo **hướng của cạnh cắt** người ta phân biệt dao phay răng thẳng, dao phay răng chéo và dao phay răng nghiêng (răng xoắn) (**Hình 2**). Đường xoắn dao phay lúc phay tạo ra lực dọc trục, lực này được triệt tiêu lẫn nhau ở dao phay răng chéo. Dao phay trụ răng xoắn phần lớn có một đường xoắn để phoi của chi tiết thoát đi.

Góc xoắn lớn cho phép nhiều lưỡi cắt tiếp xúc đồng thời vào phôi, vì thế tạo ra lực cắt đều hơn và máy hoạt động êm.

■ Vật liệu cắt ở dụng cụ phay

So sánh với dao phay bằng hợp kim cứng, dao phay trụ và dao phay lắp cán bằng thép gió **HSS** có độ dẻo dai cao, bởi vật liệu cắt ít cứng hơn và độ bền nhiệt ít hơn.

Dao phay trụ bằng **hợp kim cứng nguyên khối** (VHM) hay **cermet** (Titan cacbít +Titan nitrít) có tuổi thọ và độ bền vững cao so với thép gió HSS. Dao phay này cũng phù hợp cho phương pháp phay với tốc độ cao HSC (trang 166) và gia công cứng.

Dao phay với mảnh cắt:

Mảnh cắt hợp kim cứng, thường được phủ lớp có khả năng sử dụng hầu như tất cả các công đoạn phay bao gồm phương pháp phay tốc độ cao HSC và gia công cứng cũng như gia công khô.

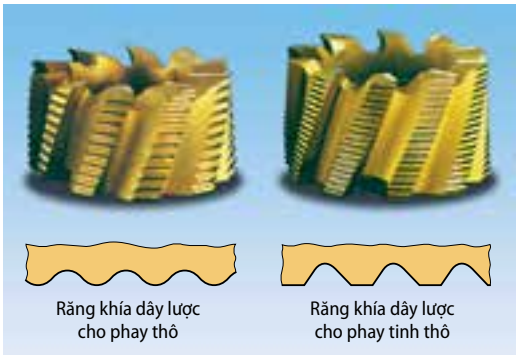
Với mảnh cắt bằng **gốm nitrít** và **oxít gốm** có thể phay được chi tiết tôi cứng và chi tiết gang xám.

Mảnh cắt với lớp phủ bằng **kim cương** đa tinh thể (DP) có khả năng gia công kim loại nhẹ, đồng đỏ và chất dẻo với tốc độ cao và độ bóng bề mặt cao (**Hình 3**).

Mảnh cắt với một lớp bằng **Bor nitrit** khối (viết tắt là BN), phù hợp để tiện thép đã trui (tôi) cứng và phay tinh gang xám với tốc độ cắt cao.

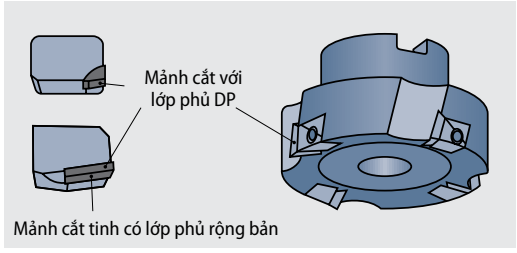
Bảng 1: Nhóm dụng cụ ứng dụng

Nhóm ứng dụng	Loại vật liệu phôi	Dụng cụ
N	Thép và gang với sức bền bình thường	
H	Vật liệu cứng, cứng dẻo hay tạo phoi ngắn	
W	Vật liệu mềm, dai hay tạo phoi dài	



Hình 1: Dao phay bằng thép gió với phần chia phoi

Hình 2: Hướng cạnh cắt



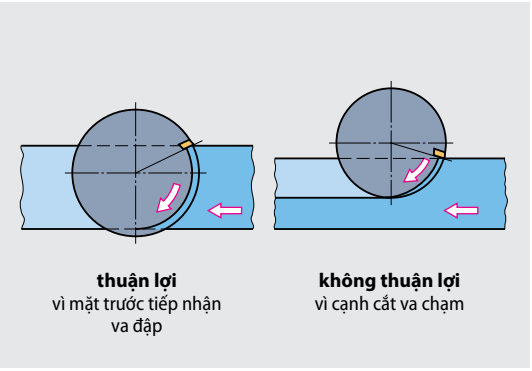
Hình 3: Dao phay để gia công nhôm với mảnh cắt có lớp phủ kim cương đa tinh thể (DP)

■ Sự mài mòn của dụng cụ

Dao phay luôn luôn làm việc trong chế độ cắt không liên tục (gián đoạn). Sau khi tiếp xúc cắt làm tăng nhiệt, mũi dao cắt nguội trở lại, qua đó phát sinh một sự thay đổi nhiệt lớn ở dao cắt.

Mỗi lần mảnh cắt chạm vào phôi sẽ nẩy ra lực tải va đập đột ngột (**Hình 1**). Trục dao phay nằm ngoài chi tiết có thể phát sinh cạnh cắt bị mẻ hoặc vỡ qua sự va đập của mũi cắt (cạnh cắt) lúc ăn vào chi tiết. Trục dao phay nằm trong chi tiết, mặt cắt trước ổn định hơn của dao chịu đựng lực va đập.

Lúc dao thoát khỏi chi tiết cũng có thể phát sinh lằn nứt hoặc mảnh cắt bị vỡ vì lực giảm tải nén đột ngột ở vật liệu cắt cứng giòn.



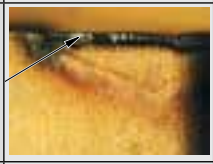
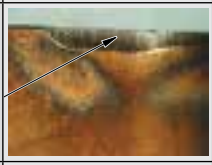
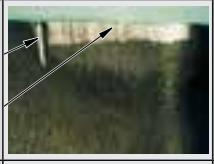
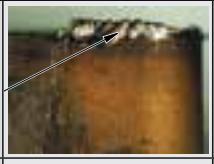
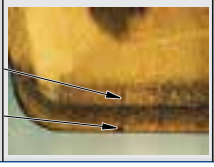
Hình 1: Vị trí dao phay và sự tiếp xúc của dao cắt

■ Vấn đề mài mòn (Bảng 1)

Độ mài mòn tăng làm xấu đi độ bóng bề mặt, kích thước chi tiết cũng sai lệch khi mặt sau dao (mặt thoát) mòn vì cạnh cắt (mép cắt) thay đổi (tăng mòn).

- **Mảnh cắt vỡ** (mẻ) thì quá trình phay nên dừng ngay. Mảnh cắt vỡ có thể do vật liệu cắt giòn, bước dẫn tiến lớn hay là mảnh cắt gắn vào thân dao phay không chuẩn.
- **Mũi cắt** (**cạnh cắt**) **vỡ vụn** phát sinh ở cạnh cắt chịu mài mòn và do đó dễ vỡ. Nguyên nhân có thể là do lực cắt quá cao hay nhiệt độ dao động, vị trí dao phay không thuận lợi (Hình 1) hay nêm dao cắt (mũi dao) quá yếu vì dạng hình học của dao cắt có góc dương lớn (Bảng 2, trang 162).
- Không thể tránh được việc **mặt sau dao bị mòn**. Sự cọ sát cơ học đặc biệt cao, khi hai vật liệu tương tự gặp nhau, chẳng hạn như khi một chi tiết thép được phay với một dụng cụ bằng thép gió HSS không có phủ lớp.
- **Mòn có khía** phát sinh ở những chi tiết với một lớp da rèn, lớp da gang hay lớp sét qua vùng rìa cứng của chi tiết. Mòn có nấc tăng nguy cơ vỡ cạnh cắt.
- **Biên tích tụ** (lẹo dao) cấu thành lúc gia công thép với dao cắt bằng thép gió hay bằng hợp kim cứng không có lớp phủ vì những hạt vật liệu với mũi cắt hàn dính với nhau. Cấu tạo biên tích tụ hầu như có thể tránh được nếu dùng dụng cụ bằng thép gió hay dụng cụ hợp kim cứng có lớp phủ.
- **Nứt răng lược** là những lằn nứt nhỏ thẳng góc với lưỡi cắt (cạnh cắt). Đó là kết quả của nhiệt độ thay đổi thường xuyên làm mỏi vật liệu cắt qua sự giãn nở và sự co rút.

Bảng 1: Dụng cụ mài mòn

Các vấn đề mài mòn		Nguyên nhân
Mảnh cắt vỡ		Vật liệu cắt quá giòn, hình dạng phoi sai, điều kiện cắt không thuận lợi
Cạnh cắt vỡ (mẻ) vụn Vỡ (mẻ) ở mặt trước		Vật liệu cắt quá giòn, góc tạo phoi quá lớn, cấu tạo biên tích tụ
Mặt trước mòn mạnh Dấu mài mòn		Tốc độ cắt quá cao, bước tiến quá nhỏ, sức chống mài mòn ít
Mòn có khía (lằn) Mòn có khía (lằn) Mòn mặt trước		Vật liệu biến cứng nguội, lớp da gang, lớp da thép rèn gỉ sét
Biên tích tụ Vật liệu hàn dính		Hình học dao cắt với góc âm, tốc độ cắt thấp, bước dẫn tiến thấp
Nứt răng lược Mẻ, vỡ vụn		Tải nhiệt đổi chiều qua cắt gián đoạn, bôi trơn làm nguội không đều

3.6.5.3 Chuôi côn giữ dao phay (côn morse)

Giá giữ dụng cụ tạo giao diện tiếp nối giữa dụng cụ và máy. Nó ảnh hưởng đến kích thước và hình dạng của chi tiết phay.

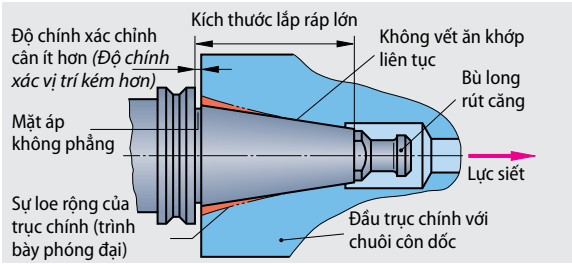
Những yêu cầu cho giá giữ dao phay:

- Chạy mặt đầu và chạy tròn chính xác cho dao cắt
- Lặp lại chính xác khi thay dụng cụ
- Cứng vững chống lực dọc và xoắn
- Phù hợp với số vòng quay cao.

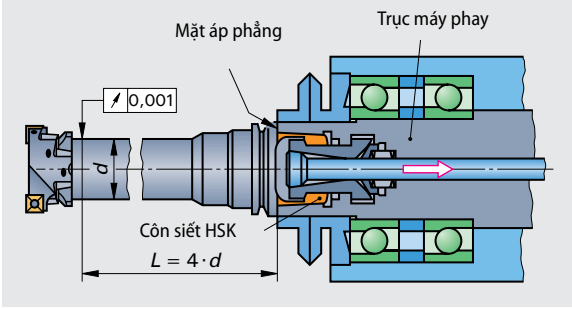
- **Chuôi côn dốc** (SK) là do góc côn lớn rất dễ gắn dùng lực ít khi tháo ra. Nhược điểm cơ bản là độ bền vững thấp và vị trí dọc trục của dao phay không chắc chắn (**Hình 1**). Sự phổ biến rộng rãi của chuôi côn dốc nhờ ở phần lớn các máy phay hạn chế chỉ nhận dụng cụ có chuôi côn dốc mà thôi.
- **Chuôi côn rỗng** (HSK) đáp ứng yêu cầu cho một hệ thống kẹp tốt hơn chuôi côn dốc (**Hình 2**). Qua hệ thống áp mặt phẳng và côn kẹp người ta đạt được độ chính xác lặp lại cao của vị trí dao cắt khi thay đổi dụng cụ.
- **Trục gá dao phay cán lắp** thích hợp cho dao phay với rãnh dài và rãnh ngang (**Hình 3**).
- **Trục gá dao phay** truyền momen qua then (**Hình 4**). Độ võng của trục chính truyền động là một vấn đề, do vậy nên sử dụng một bợ trục đỡ đầu chống lại và dụng cụ phay nên kẹp gần bợ trục đỡ.

Giá giữ dụng cụ với mômen truyền động lớn cả khi số vòng quay cao và cân bằng tốt là:

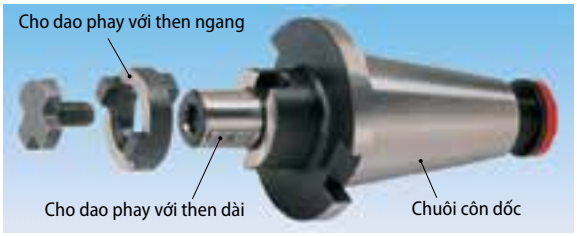
- **Chấu kẹp rùn nóng**, qua kẹp rùn nóng chuôi trụ của dụng cụ được kẹp trong lỗ giữ chuôi của mâm cặp
- **Chấu áp lực**, mômen được truyền qua lực nẩy bật đàn hồi của lỗ giữ chuôi và qua ma sát.
- **Mâm cặp quay thủy lực**, thân trụ của dao phay được kẹp qua sự lan rộng áp lực (một cách) đều đặn của dầu thủy lực trong hệ thống buồng của chuôi giữ dao.
- **Chấu kẹp dao với hệ thống kẹp rút** (**Hình 5**) chuôi (thân) trụ dao phay được kẹp bởi lực ma sát qua siết đai ốc.



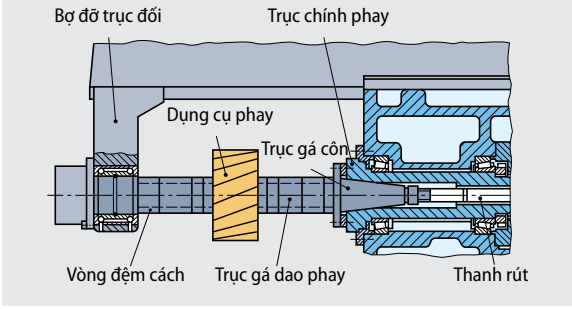
Hình 1: Khuyết điểm của chuôi côn dốc giữ dao



Hình 2: Chuôi giữ dao côn rỗng



Hình 3: Trục gá dao phay cán lắp cho dao phay với then dài và then ngang



Hình 4: Trục chính phay với trục gá dao phay và bợ đỡ trục đối

Hình 5: Chấu kẹp dao cho dao phay với thân (chuôi) trụ

3.6.5.4 Phương pháp phay

Phương pháp phay có thể phân biệt qua:

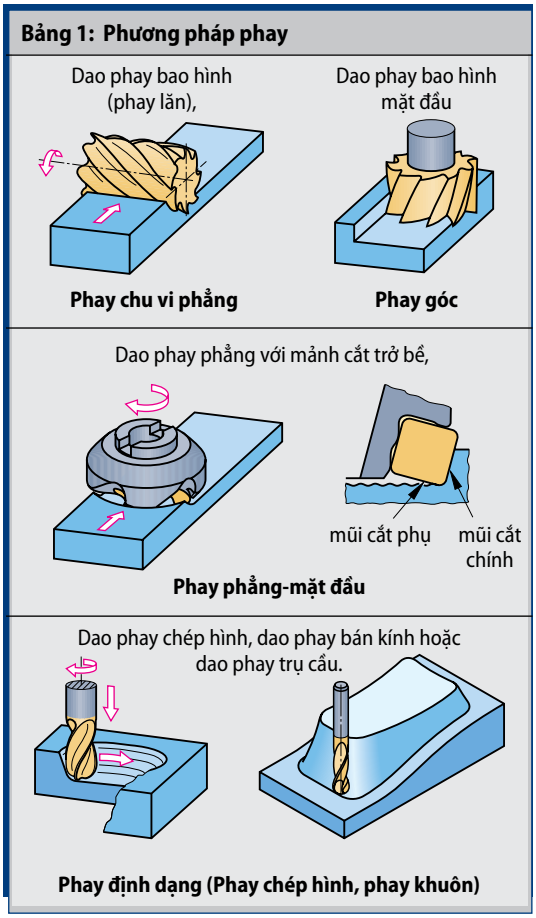
- hình dạng bề mặt phay, thí dụ: phay phẳng và phay góc cũng như phay định hình (**Bảng 1**).
- chuyển động của bước dẫn tiến, thí dụ: phay thuận (Hình 1 trang 161), phay nhúng chìm với bước dẫn tiến dọc trục và phay khoét rỗng lỗ bọng qua phay chìm để nghiêng (**Hình 1** và **Hình 2**).
- vị trí của mũi cắt dao phay, nơi thực hiện sự cắt tạo phoi chính, thí dụ: phay chu vi và phay mặt đầu (Bảng 1).

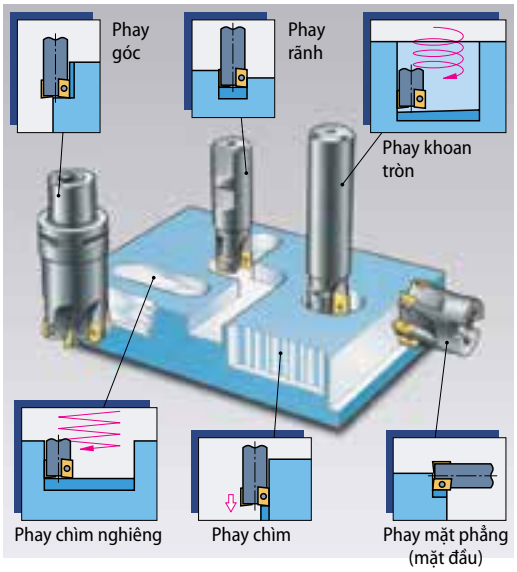
Phay phẳng và phay góc có hiệu quả kinh tế nhất với những đầu phay vì có thể đạt được lượng phoi cắt lớn trong một thời gian nhất định nếu lựa chọn đúng mảnh cắt trở bề.

Phay định dạng (cũng gọi là phay chép hình, phay định hình hay phay khoét) phay các hình dạng phức tạp, buồng, bọng và bề mặt vòm cong qua gia công khoan phay (Hình 2). Các dụng cụ phay sử dụng ở đây như dao phay trụ cầu, dao phay trụ với mảnh cắt trở mặt tròn và dao phay trụ khoan được (Hình 1), tạo khả năng gia công ở tất cả các chiều bước dẫn tiến.

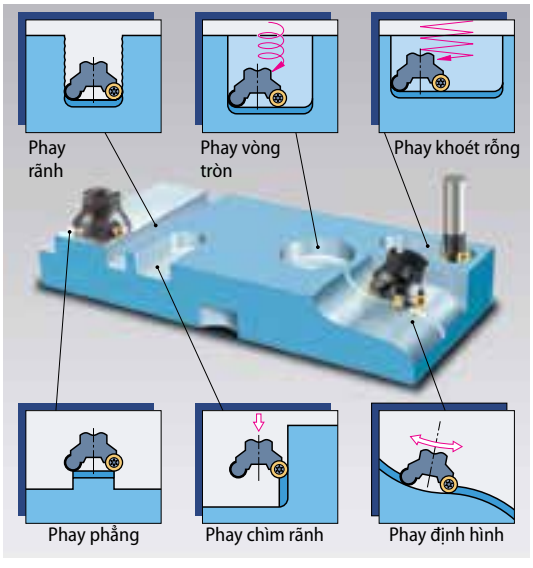
Với bước dẫn tiến dọc trục với chiều sâu cắt hạn chế người ta có thể **phay chìm, phay chìm nghiêng, phay khoét** lỗ bọng, rỗng và **khoan phay vòng tròn**, một phương pháp phay chìm dạng hình ren không cần khoan mồi.

Bảng 1: Phương pháp phay





Hình 1: Phay hình dạng với dao phay trụ có khả năng khoan



Hình 2: Phay định dạng với dao phay phẳng và dao phay chép hình với mảnh cắt trở bề hình tròn

■ Phay nghịch và phay thuận

Tùy theo chiều chuyển động của bước dẫn tiến đến chuyển động cắt người ta phân biệt giữa phay nghịch và phay thuận.

Ở **phay chu vi nghịch chiều**, chuyển động quay của dao phay được hướng ngược chiều với bước dẫn tiến của chi tiết (**Hình 1**). Trước khi cắt tạo thành phoi hình thành, lưỡi cắt bắt đầu trượt làm mặt sau dao mòn mạnh. Khi lưỡi cắt tạo phoi, dao phay ăn kéo vào chi tiết. Do vậy chi tiết vênh (dễ uốn) có thể bị nhấc lên khỏi bàn kẹp do lực cắt gọt.

Phay nghịch chiều chỉ thuận lợi khi các chi tiết cứng và sinh ra mài mòn tác động ở vùng biên. Thí dụ như chi tiết gang và khi bàn truyền động không có độ rơ.

Ở phay chu vi thuận chiều, lưỡi cắt xuyên ăn đột ngột vào chi tiết (Hình 1), dao phay và chi tiết đẩy lẫn nhau. Với độ dày phoi giảm, lực cắt giảm, qua đó đạt chất lượng độ bóng bề mặt tốt hơn so với phay nghịch chiều.

Người ta có thể hoàn toàn ứng dụng ưu điểm của phay thuận chiều, khi phay luôn có một mũi dao tiếp xúc cắt và bàn dẫn tiến không có độ rơ.

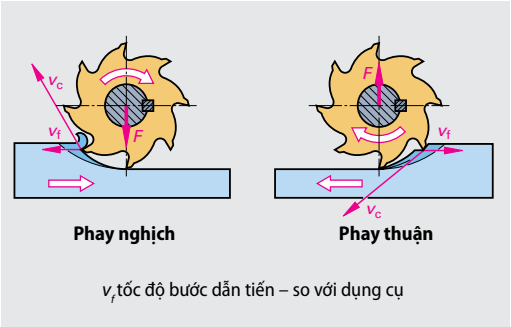
Ở phay mặt đầu nhờ vị trí đối xứng của đầu phay với chi tiết làm quân bình tác dụng của chạy thuận chiều và chạy ngược chiều (**Hình 2**).

Qua **hướng lực** khác nhau dao phay ở phay nghịch chiều được rút ra khỏi chi tiết và ở phay thuận chiều thì dao phay ấn (đẩy) vào chi tiết (**Hình 3**).

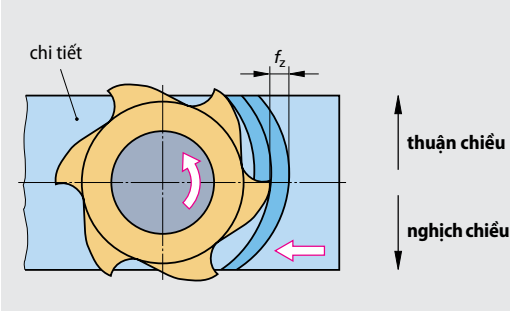
Lực đẩy tác động mạnh hơn khi chi tiết có thành mỏng và khi vênh thí dụ như dao phay ngón (**Hình 4**).

Sự thay đổi dạng đàn hồi ở dao phay ngón và ở thành mỏng của chi tiết trở lại khi dao phay đi ra khỏi vùng tiếp xúc cắt. Hình dạng thay đổi chồng nhau của chi tiết và dao phay phát sinh ở chi tiết sai lệch góc, độ phẳng và độ song song.

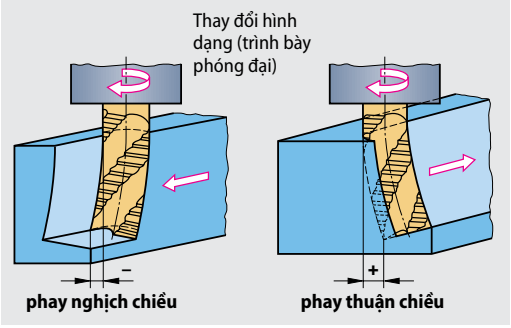
Trong **phay biên dạng** (đường biên) lực cắt dẫn đến biến dạng đàn hồi ở dao phay trụ (phay ngón tay) và chi tiết có thành mỏng. Vì vậy có thể phát sinh sai lệch về kích thước và hình dáng.



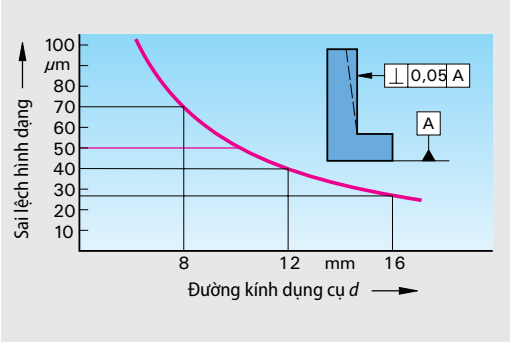
Hình 1: Thuận chiều và nghịch chiều ở phay chu vi



Hình 2: Thuận chiều và nghịch chiều ở dao phay ngón



Hình 3: Sai lệch góc ở phay nghịch chiều và phay thuận chiều qua sự thay đổi hình dạng đàn hồi của dao phay ngón với phay góc 90° hay phay đường biên



Hình 4: Phát sinh sai lệch biên dạng ở phay thuận chiều qua thay đổi hình dạng ở dao phay ngón và chi tiết

3.6.5.5 Phay phẳng và phay góc

■ Chọn dụng cụ

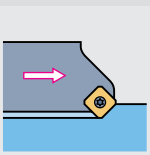
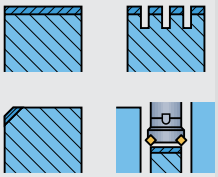
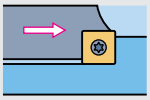
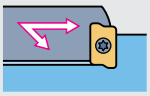
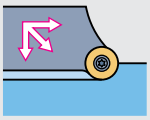
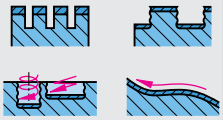
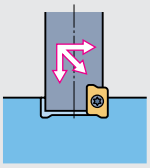
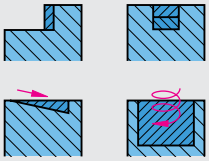
Hầu hết dụng cụ phay với mảnh cắt trở mặt được sử dụng trong phay phẳng và phay góc. Sự lựa chọn theo trình tự sau:

- **Chọn loại dao phay và mảnh lưỡi cắt** tương ứng với gia công phay (**Bảng 1**).
- **Chọn bước chia của dao phay**. Trước tiên nên chọn dao phay với bước chia trung bình (**Bảng 3**). Chỉ ở điều kiện gia công đặc biệt thì dao phay có bước chia khác mới đáng được đề nghị chọn.

  Dao phay với bước chia rộng phù hợp với dao phay không ổn định, các chi tiết và các máy phay, vì ít lưỡi cắt nên lực cắt sinh ra cũng ít.

  Dao phay với bước chia hẹp. Do số lượng lưỡi cắt nhiều cho nên lượng phoi cắt theo thời gian cao.
- **Chọn chuôi giữ dao phay** (Trang 159). Trục gá dao phay với chuôi giữ dao côn dốc phù hợp cho dao phay ngón, dao phay lắp cán và dao phay phẳng (gắn chặt bằng mặt bích). Đài dụng cụ với chuôi côn rỗng HSK đặt điều kiện trước là máy phay với trục phay chính tương ứng. Giá dụng cụ chuôi côn rỗng đã cân bằng cho phép trục chính chạy với tốc độ cao.
- **Chọn dạng hình học mảnh cắt** chủ yếu là các điều kiện cắt như bước dẫn tiến mỗi răng, sự ổn định gia công và công suất máy (**Bảng 2**). Ở chọn lựa loại vật liệu cắt (thí dụ P, M hay K, có lớp phủ hay không có lớp phủ) trước tiên là phù hợp với đặc điểm cắt gọt của vật liệu gia công.

Bảng 1: Chọn loại dao phay và mảnh cắt

Loại dao phay	Mảnh cắt	Gia công phay
Dao phay phẳng		
Dao phay góc		
Dao phay góc (khả năng khoan hạn chế)		
Dao phay chép hình		
Dao phay ngón (khả năng khoan hạn chế)		

Bảng 2: Chọn dáng hình học mảnh cắt

Các loại chính phù hợp với điều kiện cắt		
Nhẹ (L)	Nặng (H)	Trung bình (M)
Cắt nhẹ (gia công tinh) Góc trước lớn và lưỡi cắt sắc cho lực cắt nhỏ. Gia công cắt tốt ở vật liệu cho phoi dài (Hợp kim nhôm) và máy truyền động yếu Bước dẫn tiến nhỏ	Lựa chọn ưu tiên cho hầu hết các vật liệu Bước dẫn tiến mỗi răng đến 0,25mm	Gia công nặng: vật liệu chịu nhiệt, phôi rèn, chi tiết da gang Bước dẫn tiến đến 0,4mm Ổn định cao nhất cho cạnh cắt

Bảng 3: Chọn bước chia dao phay

Sự ổn định khi gia công (Máy, dụng cụ, chi tiết)		
Thấp (L)	Trung bình (M)	Cao (H)
Bước rộng	Bước trung bình	Bước hẹp
Khi lực nhỏ được yêu cầu, thí dụ: ở máy nhỏ với độ ổn định và công suất truyền động hạn chế Ở dụng cụ nhô ra nhiều	Ở máy phay thông thường và trung tâm gia công Chọn ưu tiên ở gia công phay hỗn hợp	Ở các máy cứng với công suất truyền động cao cho năng suất cao Vật liệu cho phoi ngắn

■ Chọn dao phay phẳng và dao phay góc (Bảng 1)

- **Dao phay phẳng** với góc nghiêng chính (góc điều chỉnh) 45^0, có góc trước lớn tương đối và phù hợp cho phay với máy có truyền động yếu.
  Dao phay này đều gia công được hầu hết các vật liệu (ngoài titan). Dao phay phẳng với góc nghiêng chính 70^0 hay 75^0 có một góc trước nhỏ dương.
- **Dao phay góc** phát sinh từ góc nghiêng chính 90^0 một lực dọc trục nhỏ hơn trên trục chính như là dao phay phẳng với góc nghiêng chính, thí dụ 45^0. Do lực dọc trục nhỏ nên không phát sinh độ võng và vỡ dao cắt lúc phay phẳng với dao phay góc ở chi tiết mềm. Mặt khác một trục chính chịu tải ít có thể có xu hướng gây rung.
- **Dao phay với bước chia rộng** (**thưa**) chỉ đưa ít lưỡi cắt lúc tiếp xúc cắt. Điều này dẫn đến buồng phoi lớn khi phay phá và khi phay tinh với chiều sâu cắt nhỏ tạo ra một lực cắt rất bé. Độ uốn dao phay giảm khi dụng cụ nhô ra nhiều (Bảng 1).
- **Dao phay với bước chia hẹp** mang lại nhiều lưỡi cắt lúc tiếp xúc cắt, kết quả là chạy êm hơn. Như vậy có thể tránh việc vỡ cạnh cắt (mũi cắt) khi phay chi tiết gang... Nói chung là khi chiều rộng phay hay thành dày nhỏ hơn 60% của đường kính dao phay, qua bước chia hẹp ta tránh được sự rung động (Bảng 1).

Để phay phẳng thường được chọn góc nghiêng chính 45^0 và bước chia rộng hay trung bình.

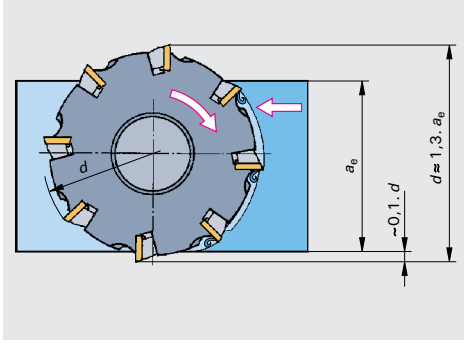
Bảng 1: Chọn dao phay phẳng và dao phay góc với bước chia thưa và hẹp

Ảnh hưởng gia công ở sự lựa chọn dao phay	Phay phẳng 45° Bước chia		Phay góc 90° Bước chia	
Chi tiết cứng máy ổn định	●			
Chi tiết mềm (oằn)			●	
Chi tiết có thành mỏng		●		
Phay góc				●
Xu hướng vỡ cạnh (gang)		●		
Dụng cụ nhô ra nhiều	●			
Xu hướng rung		●		
Bề mặt tốt nhất có thể đạt được	●		●	

■ Chọn đường kính dao phay

Ở phay phẳng nên chọn đường kính của dao phay khoảng 1,2 lần đến 1,5 lần của bề rộng cắt để bảo vệ lưỡi cắt không nứt khi ăn vào chi tiết và mảnh cắt khỏi vỡ khi thoát ra bởi áp lực giảm (**Hình 1**).

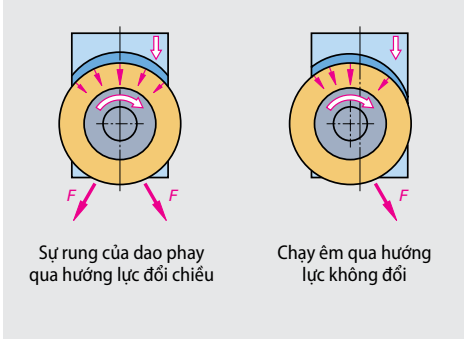
Ở chiều rộng cắt lớn nên lưu ý máy phay phải đảm bảo công suất truyền động để gia công.



Hình 1: Đường kính và vị trí của dao phay

■ Chọn vị trí của dao phay phẳng và dao phay góc

Dao phay ở vị trí ngay tâm với lực cắt thay đổi hướng có thể kích hoạt rung động (tiếng kêu) (**Hình 2**). Nguyên nhân thí dụ như là độ bền vững của dụng cụ hay của máy không đủ. Sự rung có thể tránh được khi đầu phay ở vị trí ngoài tâm vì ở vị trí này lực đẩy dao phay không đổi được định hướng qua một bên.



Sự rung của dao phay qua hướng lực đổi chiều

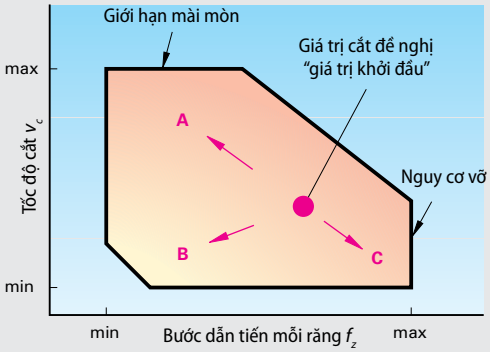
Chạy êm qua hướng lực không đổi

Hình 2: Ảnh hưởng của vị trí dao phay đến chi tiết

■ Chọn giá trị cắt chuẩn ở phay

Các nhà sản xuất mảnh hợp kim trở mặt giới thiệu phạm vi sử dụng mảnh cắt nhất định chủ yếu là "giá trị ban đầu "cho giá trị cắt quan trọng ở phay, bước dẫn tiến mỗi răng f_z và tốc độ cắt v_c (**Hình 1**).

Để tránh cho mảnh cắt không bị vỡ, bước dẫn tiến không nên vượt quá giới hạn tối đa. Phải lưu ý tốc độ cắt tối đa trong phạm vi mài mòn cho phép và cả tuổi thọ của mảnh cắt. Những trị số khởi đầu được đề nghị trong biểu đồ v_c - f_z (Hình 1) nhằm mục đích đạt được khối lượng phoi cắt lớn trong thời gian nhất định ở vận tốc dẫn tiến cao cho mỗi răng f_z và tốc độ cắt trung bình v_c.



Sự thay đổi giá trị cắt đối chứng với giá trị khởi đầu có tác dụng ở hướng A, B hay C:

A - Cải thiện độ bóng bề mặt qua tăng tốc độ cắt và giảmbước dẫn tiến.
B - Tuổi thọ và an toàn cao hơn phay tại chi tiết không ổn định, tình trạng máy xấu hay chi tiết rèn có vấn đề
C - Giảm độ rung qua việc tăng bước dẫn tiến.

Hình 1: Phạm vi ứng dụng của một mảnh cắt trở mặt

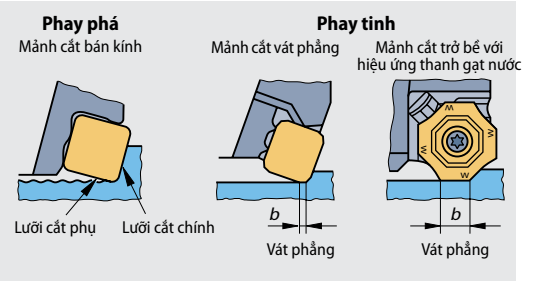
■ Mảnh cắt trở mặt để phay hoàn tất (phay tinh)

Ở phay phá (phay thô) người ta sử dụng mảnh cắt bán kính mũi, phay tinh dùng mảnh cắt vạt phẳng hay mảnh cắt gia công tinh rộng vát (**Hình 2** và **hình 3**).

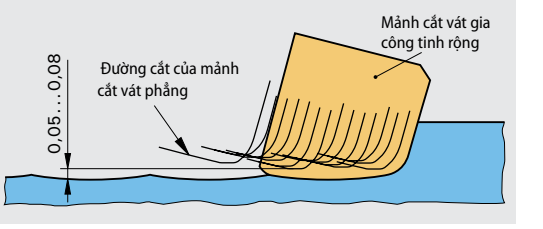
Mảnh cắt trở mặt Wiper (đọc là Waiper- WSP) so với mảnh cắt vát gia công tinh có bốn cạnh cắt thay đổi được khi độ bóng bề mặt giảm. Mảnh cắt wiper nhô ra theo chiều hướng trục 0,1 mm đến 0,15mm trước các mảnh cắt khác trong đầu phay. Thường một mảnh cắt wiper là đủ cho đầu phay, vì các mặt vạt phẳng khoảng 6mm chỉ có thể được phay mặt gia công trước bởi các mảnh cắt thô trong một vòng quay của dao phay.

Mảnh cắt vát gia công tinh bản rộng có vát tinh rộng (B= 8...10mm) với bán kính giữa 100 đến 900 mm. Thường mảnh cắt vát gia công tinh rộng nhô ra theo hướng trục 0,05 đến 0,08mm và làm nhẵn mặt phay phá (thô) mà các mảnh cắt khác ở dao phay đã phay.

Vát tinh phải lớn hơn bước dẫn tiến mỗi vòng quay, để có trùng khớp biên dạng của phay phá (thô).
Tốc độ bước dẫn tiến tối đa là $v_f = b \,.\, n$ ở mảnh cắt với vát phẳng hay vát gia công tinh.



Hình 2: Phay phá và phay tinh với mảnh hợp kim trở mặt



Hình 3: Bề mặt sau khi phay với mảnh cắt vát phẳng và mảnh cắt tinh rộng

Ôn tập và đào sâu

1 Do đâu phát sinh hình dạng sai lệch khi phay đường biên ở chi tiết phay thuận?
2 Tại sao để phay phẳng dao phay đặt biệt với góc trước 45^0 và bước chia rộng được chọn?
3 Một bề mặt rộng 80mm được phay phẳng. Đường kính dao phay tối thiểu là bao nhiêu?
4 Tại sao ở phay phẳng vị trí dao phay ở ngoài tâm chi tiết là thuận lợi?

3.6.5.6 Các biện pháp tối ưu hóa và xử lý sự cố

Giảm thiểu vấn đề mài mòn ở phay qua gia công khô

Sử dụng dung dịch cắt gọt ở phay dẫn đến sự thay đổi nhiệt độ lớn ở lưỡi cắt với hậu quả là lẫn nứt răng lược (Bảng 1, trang 158). Với gia công khô thì thay đổi nhiệt độ ở lưỡi cắt ít hơn, nhiệt độ cắt gọt cao hơn một cách đáng kể. Vì thế nên chú ý đến việc chọn vật liệu cắt có sức bền nhiệt độ lớn. Lớp hợp kim cứng có sức bền nhiệt là tấm chắn nhiệt bảo vệ vật liệu cắt nằm ở dưới. Vấn đề mài mòn phổ biến nhất ở gia công khô là mòn lõm trên mặt trước, lưỡi cắt bị mài tròn và mài mòn mặt sau phụ. Ở một vài hợp kim nhôm và thép hợp kim có thể ngăn chặn hiệu quả sự hình thành biên tích tụ bằng cách sử dụng một lượng bôi trơn tối thiểu với 8 đến 20ml dầu phun sương mỗi giờ. Vật liệu gang với nền graphit có thể gia công khô.

■ Biện pháp xử lý sự cố phay (Bảng 1)

Biện pháp khắc phục rất cần thiết thí dụ khi độ bóng bề mặt, hiệu quả kinh tế hay an toàn sản xuất phải được cải thiện. Để giải quyết vấn đề này người ta tìm cách loại bỏ một cách tuần tự các nguyên nhân chính có thể thấy trước.

Thí dụ: Mặt sau lưỡi cắt mòn nhiều làm giảm tuổi thọ và là nguyên nhân chủ yếu làm xấu đi độ bóng bề mặt. Với việc tăng bước tiến f_z làm giảm mài mòn ở mặt sau phụ, do đó độ bóng bề mặt cũng được cải thiện.

Bảng 1: Biện pháp xử lý sự cố phay

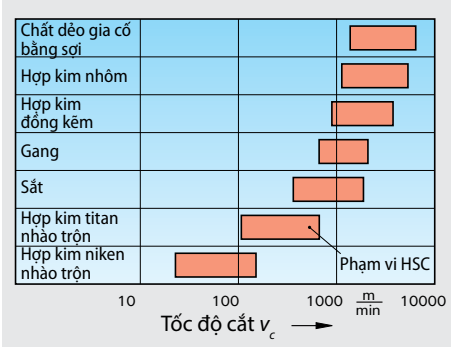
Vấn đề mài mòn						Các vấn đề tổng quát				Biện pháp khắc phục	
Mảnh cắt bể	Mép cắt vỡ vụn	Mặt sau mòn mạnh	Mòn lõm mạnh	Biên tích tụ	Nứt răng lược	Rung, kêu	Độ bóng bề mặt xấu	Bể cạnh chi tiết	Máy quá tải		
	•			•		•	•			Tăng tốc độ cắt v_c	Giá trị cắt
		•	•		•				•	Giảm tốc độ cắt v_c	
		•		•	•	•				Tăng bước dẫn tiến mỗi răng f_z	
•	•						•	•	•	Giảm bước dẫn tiến mỗi răng f_z	
								•	•	Giảm chiều sâu cắt	
•	•				•					Chọn mảnh cắt dai hơn	Mảnh cắt
		•	•				•			Chọn loại chịu mài mòn cũng như loại có lớp phủ	
	•		•	•		•		•	•	Chọn góc thoát phoi dương	
	•				•					Chọn độ cứng vững cạnh cắt cao hơn	
						•		•		Chọn góc nghiêng chính nhỏ hơn	Điều kiện cắt
						•	•			Kiểm tra độ đồng tâm và độ đảo mặt đầu của dao cắt	
•						•		•		Thay đổi vị trí dao phay đến chi tiết	
•	•					•	•			Kẹp chi tiết và dao phay chắc hơn	
	•				•					Không sử dụng dung dịch cắt	

3.6.5.7 Phay tốc độ cao (Phay HSC)

Đặc điểm tiêu biểu: ngược lại với các phương pháp phay thông thường, ta phân biệt phương pháp phay tốc độ cao (tiếng Anh gọi là High Cutting Speed HSC) với tốc độ cắt cao hơn nhiều cho tất cả các vật liệu (**Hình 1**). Tốc độ cắt của HSC thông thường nằm trong phạm vi năm đến mười lần cao hơn so với máy phay thường. Tốc độ bước dẫn tiến tăng cao ở bước dẫn tiến nhỏ cho mỗi răng và chiều sâu cắt xuyên tâm a_e nhỏ của dao phay ngón (dao phay trụ) cũng là đặc trưng của phương pháp này. Chiều sâu cắt dọc trục nằm phần lớn trong phạm vi từ 0,1% đến 5% của đường kính dao phay.

Nhiều đặc điểm công suất như độ bóng bề mặt và lượng phoi cắt lớn chỉ đạt được qua phay tốc độ cao HSC với số vòng quay cao (**Hình 2 và bảng 1**). Qua tốc độ cắt cao, trên 90% nhiệt cắt gọt được thải ra với phoi. Vì thế ứng suất, sự cong vênh hay sự thay đổi ở vùng biên xuất hiện ít hơn ở những chi tiết chính xác nhạy cảm với nhiệt. Qua đó **độ chính xác của kích thước** được cải thiện. Sự bôi trơn làm nguội có thể được loại bỏ.

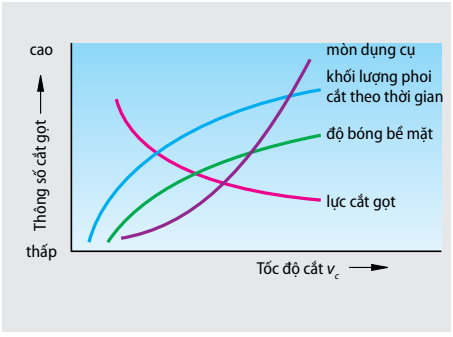
Tiêu biểu ở phay tốc độ cao là tốc độ bước dẫn tiến và tốc độ cắt cao. Thời gian phay cũng như thời gian phụ ngắn chỉ có thể đạt được khi máy phay tốc độ cao làm việc với tất cả các trục ở gia tốc cao.



Hình 1: Phạm vi tốc độ cắt cho phay tốc độ cao

■ **Phạm vi ứng dụng** của máy phay tốc độ cao:

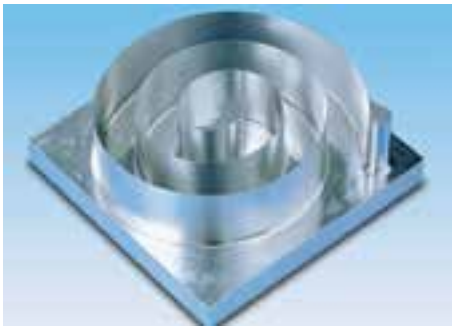
- Chế tạo dụng cụ và chế tạo khuôn mẫu nhờ vào khả năng gia công hoàn chỉnh và gia công vật liệu cứng trên một máy (Các bước gia công như ăn xói mòn, mài và đánh bóng qua đó được loại bỏ)
- Sản xuất điện cực graphit và điện cực kim loại cho phương pháp ăn xói mòn khuôn (lã bằng tia lửa điện).
- Sản xuất các chi tiết chính xác và các cấu kiện có thành mỏng bằng thép, gang hay kim loại nhẹ thí dụ như cho chế tạo động cơ, hàng không vũ trụ và cho công nghiệp quang học (Bảng 1 và **Hình 3**).



Hình 2: Các thông số của công suất phụ thuộc vào tốc độ cắt

Bảng 1: Phạm vi ứng dụng của gia công tốc độ cao

Ưu điểm	Phạm vi ứng dụng
Khối lượng phoi cắt cao	Gia công khuôn mẫu, khuôn rèn, chi tiết nhôm và graphit
Độ bóng bề mặt cao	Chi tiết cơ khí chính xác và chi tiết quang học, khuôn đúc áp lực, khuôn rèn
Lực cắt thấp	Gia công chi tiết có thành mỏng
Kích thước và hình dạng chính xác	Chi tiết chính xác
Thoát nhiệt qua phoi	Gia công chi tiết nhạy cảm với nhiệt (ma nhê)



Hình 3: Vòng xoắn nhôm thành mỏng

■ Phay với tốc độ cao như là khả năng thay thế cho ăn xói mòn

Nhờ khả năng **gia công trong phạm vi độ cứng** giữa 45 và 63 HRC, phương pháp phay tốc độ cao HSC thay thế phương pháp ăn xói mòn khuôn (lã bằng tia lửa điện) ở nhiều trường hợp (**Hình 1**). Khuôn rèn hay dụng cụ vuốt sâu hầu như hoàn toàn có thể phay cứng. Công đoạn mài bổ sung có thể được loại bỏ. Điều này dẫn đến thời gian gia công ngắn đáng kể và cải thiện chất lượng.

Thông thường khuôn và dụng cụ được phay phá trước bằng máy phay thông thường sau đó phay hoàn chỉnh trên máy phay HSC.

Sản xuất điện cực, ăn xói mòn và đánh bóng,	Phay HSC
17 giờ	88 phút

Hình 1: Khuôn rèn của một chìa khóa miệng (gia công cứng)

■ Máy phay vận tốc cao (Hình 3)

Máy phay tốc độ cao (HSC) và máy phay vạn năng có thể dùng cùng trục chính công suất cao, gia công phay sử dụng cùng chương trình kỹ thuật số NC với bước dẫn tiến và vòng quay như nhau nhưng dầu vậy vẫn có sự khác biệt về thời gian phay và độ bóng bề mặt (**Hình 2**). Ưu điểm về thời gian phay ngắn ở máy phay HSC đạt được qua việc tăng tốc cao gấp bốn lần của tất cả các trục bước dẫn tiến. Độ bền vững cao hơn của máy và tính chất giảm chấn tối ưu tạo khả năng đạt độ bóng bề mặt cao. Kích thước chính xác và hình dạng chính xác đạt ± 8 µm.

Trục chính công suất cao (**Hình 4**) có độ đảo chính xác cao và đạt số vòng quay giữa 100 vòng/phút và 42000 vòng/phút. **Tốc độ bước dẫn tiến** được lập trình từ 0... 20000 mm/phút ở các trục X, Y và Z, như vậy phát sinh dạng hình học chính xác của chi tiết ngay cả với những thay đổi hướng nhanh chóng nhờ kết hợp với một bộ điều khiển rất nhanh. Tốc độ tiến dao ngang nhanh lên tới 40 m/phút trong tất cả các trục.

Yêu cầu của **dụng cụ HSC**:

- Độ mòn mài mòn ở tốc độ cắt cao. Sử dụng dao phay trụ hợp kim cứng nguyên khối có phủ lớp, dao phay kim cương đa tinh thể (PKD) hay dao phay bor nitrít đa tinh thể lập phương (PKB)
- Độ mất cân bằng ít và độ lệch tâm, và độ đảo mặt mút nhỏ
- Độ bền vững cao dưới sự tác động của lực ly tâm qua lực mất cân bằng dư.

Đặc điểm	phay thường	phay HSC
Thời gian phay	84 phút	39 phút
Độ nhấp nhô	*Ra* = 0,6 µm	*Ra* = 0,4 µm

Hình 2: Khuôn đúc áp lực (công tắc xoay)

Hình 3: Trung tâm gia công HSC

Hình 4: Phay HSC trong làm khuôn

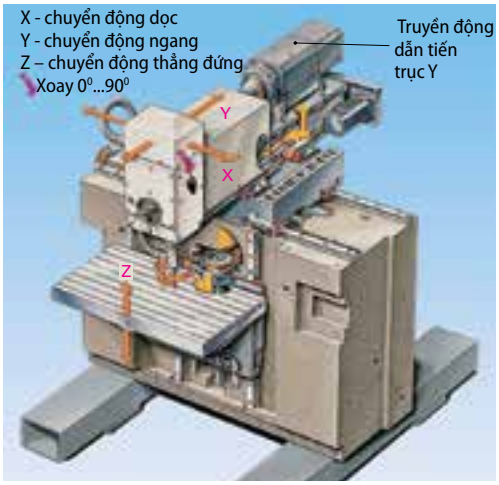
3.6.5.8 Máy phay vạn năng

Trong chế tạo dụng cụ và khuôn mẫu, trong sản xuất mẫu (thử nghiệm) hay sản xuất loạt nhỏ cũng như để đào tạo, sử dụng máy phay vạn năng là cần thiết (**Hình 1**).

Đặc điểm của **máy phay vạn năng** là:

- Lắp đặt lại nhanh, dễ dàng cho gia công phức tạp của chi tiết lẻ hay gia công loạt nhỏ.
- Một **đầu phay xoay được** có thể điều chỉnh nghiêng bất kỳ giữa 0^0 (thẳng đứng) và 90^0 (chiều ngang) để dao phay ăn vào vị trí tối ưu của chi tiết (Hình 1 và Hình 2, trang 169). Do đó có thể gia công được đến năm mặt.
- **Thay đổi bàn,** thí dụ như bàn góc cứng cho chi tiết nặng (**Hình 2**) và bàn gia công vạn năng nơi chi tiết có thể được hầu hết ở mọi vị trí của góc để phay (Hình 1 và Hình 1 trang 169). Bàn gia công tròn NC và ụ chia (thiết bị chia) NC mở rộng khả năng gia công (**Hình 2 trang 169**).
- Một **ống lồng** (**pinole**) có thể di chuyển được tại đầu phay là thuận lợi đặc biệt khi khoan ở vị trí trục chính nghiêng (Hình 1).

Hình 1: Máy phay vạn năng với bàn gia công vạn năng



Hình 2: Kiểu thiết kế của máy phay vạn năng với bàn góc cứng

■ Điều khiển và lập trình

• **Máy phay điều khiển bằng tay** được sử dụng ở các cơ sở đào tạo nghề và các xưởng sửa chữa, tất cả ba trục chính của máy đều điều khiển bằng tay qua tay quay. Ngay cả máy phay CNC dùng cho đào tạo, các trục X, Y và Z thường có thể sử dụng phay tay thông qua tay quay điều khiển bằng điện tử

• **Máy phay CNC** làm việc với một **hệ điều khiển đường bao** (**quỹ đạo**) cho ba hay nhiều trục chính (Hình 1 và hình 2). Một trục khác, thí dụ như trục quay của bàn gia công tròn NC, có thể cho phép phay rãnh xoắn, phay ren và phay răng xoắn. Các chuyển động tiến tới, thí dụ như cho đường tròn và đường nghiêng, có thể điều khiển trên nhiều trục cùng một lúc với hệ điều khiển quỹ đạo. Kết hợp với một bộ phận thay đổi dụng cụ và hộp trữ dụng cụ, trình tự chương trình gia công có thể vận hành hoàn toàn tự động (Hình 3 trang 169).

Hệ thống lập trình định hướng theo xưởng (Hệ thống lập trình CNC và nhập liệu trực tiếp tại máy trong xưởng) tạo điều kiện lập trình nhanh với đồ họa hỗ trợ ở gia công phay nhiều đòi hỏi. Còn thêm vào đó là việc quản lý dụng cụ với sự giám sát tuổi thọ (thời gian sử dụng) và biểu đồ mô phỏng thời gian thực của chi tiết gia công này.

Thông số kỹ thuật về phạm vi làm việc, truyền động và khả năng lựa chọn được hướng dẫn bởi nhà sản xuất ở trong **thẻ máy** (**Bảng 1**).

Bảng 1: Thông số kỹ thuật trong thẻ máy	
Hành trình X, Y, Z	630, 500, 500 mm
Công suất truyền động	11 KW
Phạm vi số vòng quay	20... 7000 vòng/phút
Sự tiến nhanh X,Y,Z	15m/phút
Phạm vi bước dẫn tiến	đến 1500 mm/phút
Điều khiển	Điều khiển quỹ đạo CNC
Lựa chọn (theo yêu cầu khách hàng)	Bàn gia công vạn năng, bàn góc, bàn tròn gia công NC, Bộ thay đổi dụng cụ

Bàn kẹp gia công vạn năng có thể được sử dụng như bàn xoay, bàn nghiêng hay bàn tròn (**Hình 1**). Chi tiết kẹp có thể được xoay và nghiêng ở vị trí góc thích hợp cho dao phay.

Một **bàn gia công tròn NC** có thể được điều khiển như trục chính NC thứ tư. Kết hợp với một đầu phay xoay người ta có thể thực hiện gia công năm mặt của một chi tiết qua một lần kẹp (**Hình 2**). Cũng có thể gia công dạng hình xoắn, đường cong bao hay cắt răng xoắn. Quá trình xoay có thể điều khiển bằng tay hay bằng NC.

Bộ thay đổi dụng cụ (**Hình 3**). Chương trình vận hành tự động thay đổi dụng cụ theo trình tự công việc tương ứng, dụng cụ ở hộp trữ dụng cụ đưa vào trục chính thẳng đứng của máy phay và ngược lại. Qua đó người ta đánh giá rất quan trọng thời gian thay đổi dụng cụ ngắn ("Thời gian từ phoi đến phoi"). Bộ thay đổi dụng cụ được sử dụng đặc biệt trong sản xuất tự động và sản xuất loạt nhỏ.

Thuật ngữ "Thời gian từ phoi đến phoi" cho biết máy cần bao nhiêu giây để tiếp tục cắt gọt với dụng cụ mới thay thế.

■ Máy phay giường (Hình 4)

Máy phay giường được sử dụng để phay các chi tiết nặng và lớn. Trọng lượng của chi tiết và lực cắt gọt được tiếp nhận ở bệ máy, do đó hầu như khó có thể phát sinh sai lệch vị trí ở bệ trượt. Bởi thiếu bàn điều chỉnh chiều cao, hộp tốc độ (ụ trước) trong trụ máy đảm nhận điều chỉnh chiều cao ở trục phay ngang, trong khi trục phay đứng được định vị qua xà ngang (thanh ngang).

Trung tâm phay – khoan là dạng đặc biệt của phay giường. Hành trình bước dẫn tiến lớn có thể được hoàn tất với trục phay chính.

Ôn tập và đào sâu

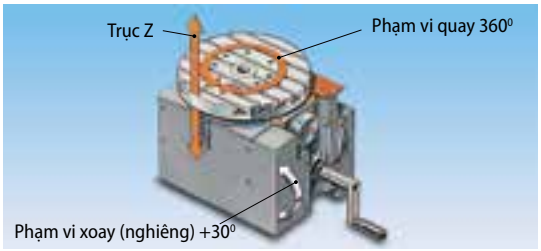
1 Đặc điểm nào của vật liệu cắt cần thiết cho gia công khô?

2 Phay tốc độ cao có ưu điểm gì đối với phay thông thường?

3 Ở phương pháp phay tốc độ cao HSC nên chọn tốc độ cắt, bước dẫn tiến và bước tiến ngang như thế nào?

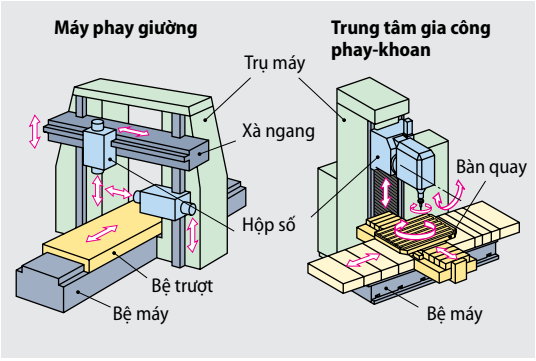
4 Tại sao máy phay vạn năng được sử dụng trước tiên trong việc chế tạo dụng cụ?

Hình 1: Bàn gia công vạn năng và đầu phay ở thế trục chính nằm ngang (nghiêng 90⁰)



Hình 2: Bàn gia công tròn NC, xoay bằng tay (thủ công)

Hình 3: Bộ thay đổi dụng cụ

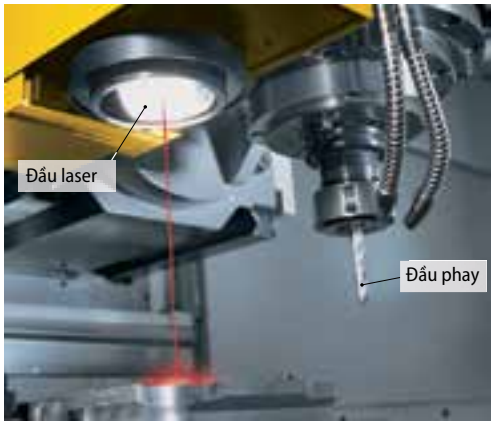


Hình 4: Máy phay giường và trung tâm gia công phay-khoan

3.6.5.9 Gia công bằng tia laser

■ Gia công bằng tia laser trên máy phay

Trong khi phay có thể đạt được một khối lượng phoi cắt cao thì gia công bằng tia laser thích hợp hơn để gia công hay sửa chữa lại biên dạng chính xác. Thế mạnh của phương pháp kết hợp phay-laser này ở chỗ chi tiết được trước phay phá và sau đó gia công lại hoàn chỉnh bằng tia laser với một lần kẹp (**Hình 1**).

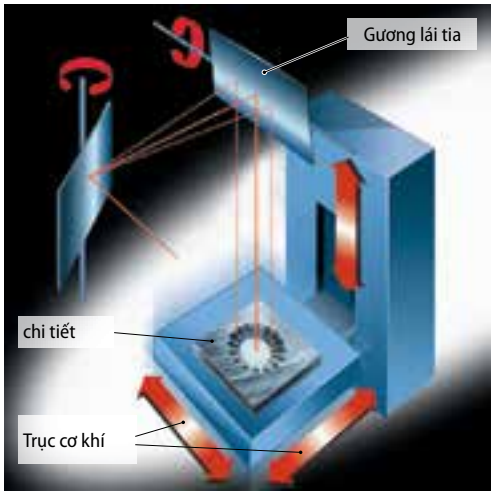


Hình 1: Gia công bằng tia laser trên một máy phay

■ Gia công bằng tia laser (Hình 2)

Ba trục cơ khí đưa chi tiết vào đúng vị trí đầu laser cố định. Đầu laser quang với gương khúc xạ cho phép xử lý chi tiết trong phạm vi thí dụ như: 70 x 70 mm mà không phải di chuyển. Gương khúc xạ chính xác cao tạo thành ba trục quang. Qua trục quang các tia laser có thể làm xói mòn chính xác vật liệu ở vị trí và góc mong muốn.

Tia laser làm xói mòn lớp nguyên liệu mỏng từ 1 đến 5 µm. Chi tiết chính xác và chi tiết khuôn có thể đạt được sai lệch kích thước và hình dạng ± 5%. Lớp loại bỏ càng mỏng chừng nào thì độ bóng bề mặt càng tốt hơn (R_a > 1µm). Tia laser làm bốc hơi phần lớn vật liệu. Qua đó đạt một công suất ăn mòn từ 1 đến 25 mm^3/phút. Không cần thêm biện pháp bảo vệ vì máy có bao che toàn bộ.

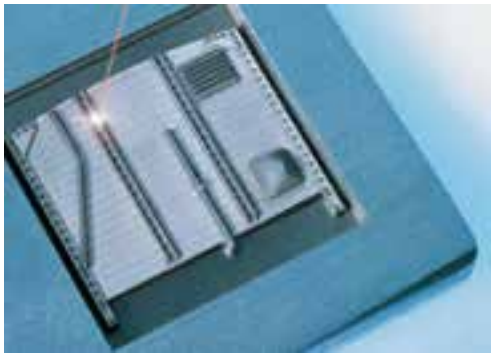


Hình 2: Điều khiển tia laser qua gương

■ Phạm vi ứng dụng:

- Khuôn đúc xịt ép (khuôn đúc phun) và khuôn đúc áp lực và chi tiết với đường viền tinh xảo (đồ đan trang sức) (**Hình 3**).
- Linh kiện vi điện tử và điện tử, thí dụ như: công tắc, cảm biến và các nối đầu cắm.
- Sản xuất đồ nữ trang và bộ đồ ăn (dao, muỗng, nĩa).
- Chế tạo mô hình chức năng hay tạo mẫu hàng loạt.

Giống như gia công ăn xói mòn khuôn chìm *(lã bằng tia lửa điện)*, gia công bằng tia laser chỉ loại bỏ ít vật liệu. Nhưng nhờ vậy phạm vi sử dụng của nó lớn hơn vì nó cũng có thể gia công gốm và vật liệu không dẫn điện khác.



Hình 3: Khuôn đúc phun (mẫu đường sắt)

■ Ưu điểm của gia công bằng tia laser đối với gia công ăn xói mòn khuôn chìm

- Gia công đường viền tinh với tia có đường kính từ 0,04 mm.
- Gia công trên tất cả các vật liệu, thí dụ như: gốm, hợp kim cứng, graphit, thép tôi cứng.
- Dụng cụ tia laser không bị mòn như điện cực trong gia công ăn xói mòn.

3.6.6 Mài

Mài là một phương pháp sản xuất chi tiết với kích thước có dung sai nhỏ (hẹp), không thể sản xuất được bằng tiện và phay (**Hình 1**).

Những lợi thế của mài là:

- Khả năng gia công tốt vật liệu cứng
- Kích thước và hình dạng chính xác cao (IT 5...6)
- Độ gợn sóng và độ nhấp nhô nhỏ (*Rz* = 1...3 µm)

Hình 1: Thí dụ mài

3.6.6.1 Hạt mài

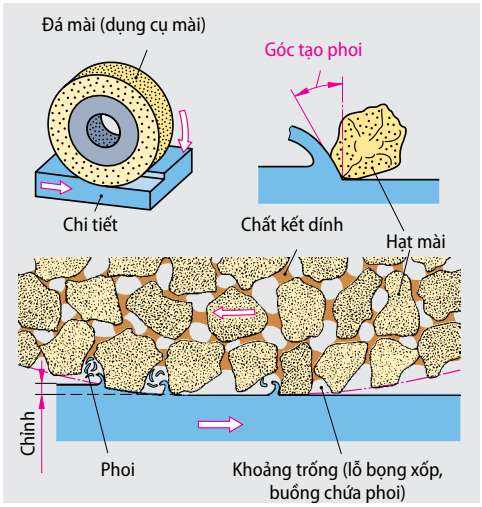
Dụng cụ mài quay gồm hạt mài, chất kết dính và các khoảng trống (lỗ bọng xốp) (**Hình 2**). Tùy theo vị trí và hình dạng khác nhau của hạt mài, phần lớn góc thoát phụ (góc tạo phoi) âm và bề dày phoi cắt mỗi hạt không xác định được.

Mài là sự lấy phoi với hình học cắt không xác định.

■ Vật liệu mài (Bảng 1)

Phần lớn các đĩa mài chứa hạt mài bằng bột mài (coridon) (trắng, hồng) hay silicium cacbit (xanh,đen). Độ dẻo dai của hạt giảm với độ cứng tăng của hạt mài. Hạt mài cứng giòn lúc chịu tải nhỏ (mài tinh) có khả năng tự làm sắc qua hạt văng tách ra. Một độ dai đầy đủ ở hạt chịu tải lớn (mài thô) ngăn chặn sự vỡ hạt sớm.

Hạt mài nên có độ cứng cao cũng như độ dai đủ và sức bền nhiệt.



Hình 2: Kết cấu phoi ở dụng cụ mài

Bảng 1: Các loại vật liệu mài

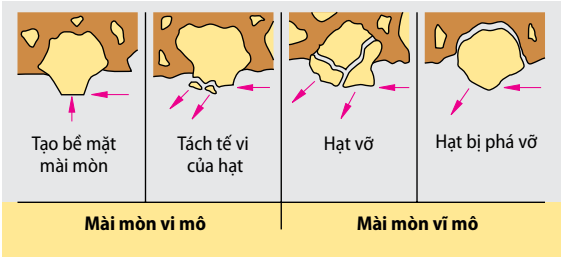
Ký hiệu	Vật liệu mài	Độ cứng Knoop* N/mm_2	Độ bền nhiệt đến	Những lĩnh vực ứng dụng
A	Coridon thường (Al_2O_3)	18000	2000°C	Thép không hợp kim, thép không tôi cứng, thép đúc, gang dẻo
	Coridon tinh khiết (Al_2O_3)	21000		Thép hợp kim cao và thép hợp kim thấp, thép tôi cứng, thép thấm than, thép dụng cụ, titan
C	Silicium cacbit (SiC)	24800	1370°C	Vật liệu cứng: hợp kim cứng, gang, thép gió, gốm, thủy tinh,vật liệu mềm: đồng, nhôm, chất dẻo
CBN	Bor nitrít (BN)	60000	1200°C	Thép gió, thép cán nóng và thép cán nguội
D	Kim cương (C)	70000	800°C	Hợp kim cứng, gang, thủy tinh, gốm, đá, kim loại không chứa sắt, không dành cho thép, liếc đĩa đá mài

*Theo KOOP chiều sâu ăn vào được đo với một hình tháp bằng kim cương với góc mở 172,5° và 200°

■ Mài mòn ở hạt mài (Hình 1)

Lực cắt cao làm tăng trội việc đập vụn và sự phá vỡ của hạt khỏi sự kết dính. Ở lực cắt nhỏ khi mòn ma sát nơi cạnh cắt tăng dần mới làm tải ở hạt cao đến nỗi làm các hạt nhỏ bị tách ra.

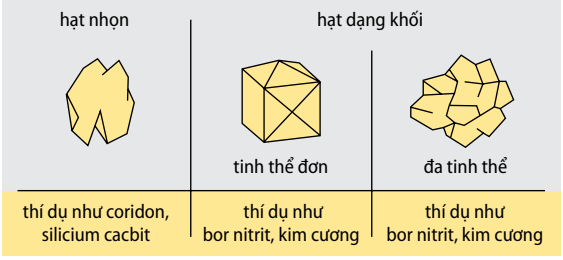
Qua việc tách ra và sự phá vỡ của hạt tạo thành cạnh cắt mới. Do vậy mà đá mài tự mài sắc.



Hình 1: Dạng mài mòn

■ Các loại hạt (Hình 2)

Hạt nhọn phù hợp với vật liệu tạo phoi dài. Hạt dạng khối chống mài mòn ở vật liệu giòn. Hạt tinh thể đơn (một hạt tinh thể) có độ bền hạt cao, nó phù hợp để mài thủy tinh và gốm. Hạt đa tinh thể lúc mài kết thành nhiều hạt cắt nhỏ từ hạt qua sự tách vi tế (mikro) trước khi vỡ hoàn toàn. Các hạt do đó được dùng tốt hơn khi mài kim loại cứng.



Hình 2: Các loại hạt

■ Cỡ hạt (Bảng 1)

Số cỡ hạt tương ứng với số lỗ của rây trên chiều dài 1 inch, hạt nào đúng cỡ lọt qua thẳng xuống rây, trong khi một số hạt khác kẹt lại ở rây hẹp kế tiếp. Cỡ hạt thật mịn được tách ra bằng phương pháp lắng bùn. Cỡ hạt kim cương và hạt borit được xác định theo rây cỡ sàng bằng µm. Cỡ hạt với ký hiệu D 150 (Hạt kim cương) cũng như B 150 (Hạt CBN) có độ lớn hạt trong khoảng từ 125µm và 150µm.

Độ nhấp nhô yêu cầu càng nhỏ hơn và tiết diện mài sắc cạnh hơn thì cỡ hạt phải mịn hơn.

Bảng 1: Ứng dụng của hạt mài

Thép dụng cụ đã tôi Thép dụng cụ chưa tôi Thép đúc (GS), Gang dẻo (GTW), Gang thép (GTS), Gang cầu (GG) Thép chế tạo	mài thô	mài phá	mài tinh	mài cực tinh, mài khôn, miết, đánh bóng
Độ nhấp nhô R_z (µm)	10...5	5...2,5	2,5...1,0	1,0...0,4
Cỡ hạt	4...24	30...60	70...220	230...1200
Độ lớn hạt mm	8...1	1...0,3	0,3 0,08	0,08...0,003
Ký hiệu	thô	trung bình	mịn	rất mịn
	Hạt vĩ mô			Hạt tế vi

■ Sự kết dính của hạt mài (Bảng 2)

Sự kết dính có mục đích là giữ cho từng hạt chặt cứng với nhau đến khi nào cùn.

Đĩa mài kết dính bằng gốm có những buồng bọng và có thể dễ sửa liếc đá. Kết dính bằng nhựa tổng hợp giữ các hạt chặt hơn, do đó gây ra lực mài cao hơn. Tuy nhiên những hạt nhọn nằm tự do giúp mài mát hơn (ít nhiệt hơn).

Bảng 2: Kết dính của bánh mài

Dấu hiệu	Loại kết dính	Lĩnh vực ứng dụng
V	Kết dính bằng gốm	Mài phá và mài tinh thép với corundum (bột mài gốc oxit nhôm) và silic cacbua
B BF	Kết dính với nhựa tổng hợp có sợi gia cường	Mài thô và mài cắt đứt, mài áp lực cao với corundum ziricon, mài định hình với kim cương và bor nitrua
M	Kết dính bằng kim loại	Mài định hình và mài dụng cụ với kim cương hay bor nitrua (mài ướt)
G	Kết dính bằng mạ điện	Mài lỗ trong của kim loại cứng, thép gió, mài tay
RF	Kết dính bằng cao su với sợi gia cường	Đĩa mài cắt Đĩa mài dẫn

■ Độ cứng của bánh mài (Bảng 1)

Người ta hiểu độ cứng của đĩa mài không phải là độ cứng của hạt mài mà là khả năng đối kháng của sự kết dính chống lại sự phá vỡ hạt mài.

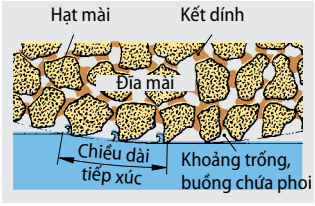
Trong phương pháp mài vật liệu cứng với mài mòn vì ma sát mạnh nhưng lực chịu tải của hạt nhỏ, ta chỉ có thể xác định chắc chắn "hiệu ứng tự tác động mài sắc" qua đĩa mài mềm. Mài vật liệu mềm đòi hỏi ở phoi dày môt lực giữ hạt lớn hơn, do đó đĩa mài cứng hơn.

Bảng 1: Độ cứng của bánh mài

Cấp độ cứng	Ký hiệu	Khu vực ứng dụng
A, B, C,D E, F, G	cực mềm rất mềm	Mài sâu và mài cạnh các vật liệu cứng
H, I, J, K L, M, N, O	trung bình mềm	Mài kim loại thông thường
P, Q, R, S T, U, V, W X, Y, Z	cứng rất cứng cực cứng	Mài tròn ngoài, vật liệu mềm

Đĩa mài quá mềm luôn luôn không hiệu quả kinh tế vì độ mài mòn cao. Những hạt vỡ ra, trước khi bề mặt mài mòn hình thành. Đĩa mài bị mất hình dạng (prôfin) của nó, "vỡ toàn bộ". Đĩa quá cứng thì ngược lại, nó giữ chặt hạt rất lâu, trơn (chai) và bóng, đồng thời làm tăng áp lực mài và nhiệt độ ở vùng tiếp xúc.

Độ cứng tác động của một đĩa mài trong quá trình gia công không chỉ tùy thuộc vào độ cứng mà còn ở cỡ hạt, khoảng trống (lỗ bọng xốp) và bề dày phoi (**Hình 1**).



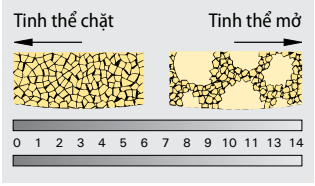
Hình 1: Tinh thể và chiều dài tiếp xúc của đĩa mài

Quy tắc làm việc

Ta chọn đĩa mài mềm cho vật liệu cứng và đĩa mài cứng cho vật liệu mềm.
Ở hạt mịn và phoi mỏng nên dùng đĩa mài mềm vì độ cứng tác động lớn hơn bởi qua đó các hạt này dễ vỡ hơn.

■ Tinh thể (cấu trúc)

Ta gọi tinh thể là quan hệ giữa hạt mài, chất kết dính và khoảng trống trong bánh mài (**Hình 2**). Các lỗ bọng cấu thành buồng chứa phoi và thúc đẩy sự làm mát khi mài. Các khoảng trống quá nhỏ sẽ làm tăng áp lực và nhiệt lúc mài.



Hình 2: Mã số tinh thể

Mã số của tinh thể càng lớn thì đĩa mài sẽ xốp hơn.
Các tinh thể phải thoáng hơn khi phoi trong vùng tiếp xúc phải được tiếp nhận vào trong các khoảng trống nhiều hơn.

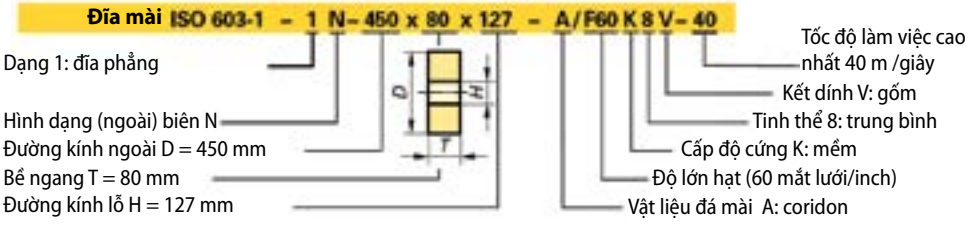
Ký hiệu của hạt mài được trình bày theo thứ tự của sơ đồ dưới đây. Con số chỉ hình dạng có thể được thêm vào chữ hoa chỉ dạng (ngoài) biên (**Bảng 2**).

Bảng 2: Bánh mài

Hình dạng - Số	Nhóm
1	Đĩa mài thẳng
6	Đĩa mài ống trụ
12	Đĩa mài chén
52	Đĩa mài ngón

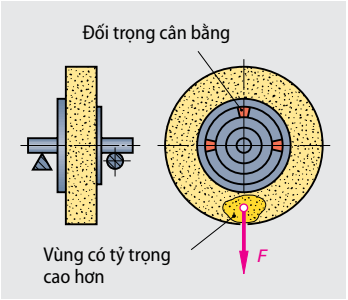
Sơ đồ:

Thí dụ:



■ Cân bằng đĩa mài

Việc phân bổ hạt và chất kết dính không đều ở đĩa mài không cân bằng làm hình thành các lực ly tâm. Việc cân bằng đĩa mài cực kỳ quan trọng ở đĩa mài lớn, bản rộng và đặc biệt với tốc độ chu vi cao. Để cân bằng tĩnh đĩa mài được để lên một cái cân để điều chỉnh đúng hay một bợ đỡ lăn (giá đỡ lăn) (**Hình 1**). Đối trọng cân bằng được di chuyển trong vòng rãnh, đến khi nào đĩa mài đứng yên ở mọi vị trí.



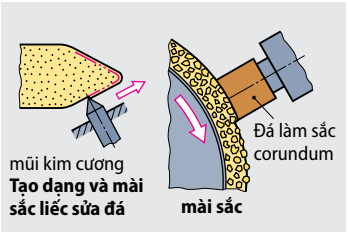
Hình 1: Cân bằng tĩnh

■ Liếc đá (Hình 2)

Liếc bánh mài có hai mục đích:

- **Sửa tiết diện** (**sửa prôfin**) để tiết diện, các bán kính và kích thước đạt được trong vòng dung sai. Các đĩa mài mới kẹp cũng phải được chỉnh sửa độ đồng tâm và độ đảo mặt đầu.
- **Mài sắc** để mở rộng buồng chứa phoi qua việc loại bỏ các kết dính và để cải thiện sự tiếp xúc cắt của hạt mài.

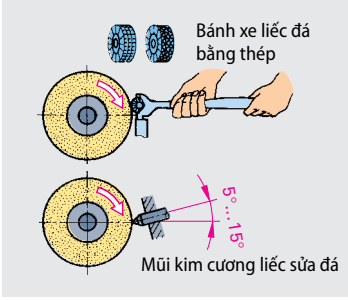
Sau khi sửa tiết diện, đĩa mài bằng coridon và silicium cacbít được mài đủ sắc với dụng cụ liếc đá bằng kim cương hay thép (**Hình 3**). Đĩa mài kim cương hay đĩa mài CBN được sửa tiết diện với đĩa sửa đá bằng silicium cacbit hay bánh xe liếc tiết diện bằng kim cương. Khi làm sắc với đá liếc bằng coridon các chất kết dính được loại bỏ cho đến khi đạt được phần hạt nổi lên đạt mức tối ưu vào khoảng một phần ba của hạt.



Hình 2: Liếc đá

3.6.6.2 An toàn khi mài

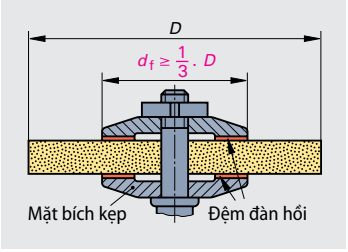
Đá mài kết dính bằng gốm rất dễ vỡ. Vết nứt nhỏ hay việc kẹp không đúng quy cách sẽ dẫn đến đá bị vỡ văng ra. Ở tốc độ chu vi của đĩa bằng 80 m/giây (tương đương 288 km/giờ) các mảng vỡ văng bay ra trở thành nguy hiểm chết người. Chỉ khi nào giữ được quy tắc an toàn thì mài mới là một phương pháp gia công đáng tin cậy.



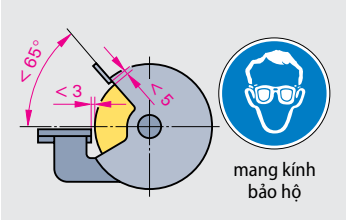
Hình 3: Dụng cụ liếc đá

Quy tắc an toàn

- Trước mỗi lần kẹp một đĩa mài bằng gốm phải thực hiện việc **thử âm**. Dùng ngón tay hay trục cho vào lỗ giữa đĩa mài giữ lại và dùng một thanh không phải kim loại gõ vào các vị trí khác nhau. Đĩa không có vết nứt sẽ cho tiếng kêu thanh.
- Đĩa mài phải được đẩy vào trục nhẹ nhàng, không dùng lực mạnh để cưỡng ép.
- Đường kính tối thiểu của **mặt bích kẹp** ở đĩa mài thẳng là 1/3. D, ở đĩa mài côn là 1/2 . D (**Hình 4**)
- Để đảm bảo cho đĩa chạy phẳng tốt, chỉ được phép sử dụng mặt bích kẹp cùng cỡ, cùng hình dạng được tiện mặt sau với các đệm mềm, co giãn đúng kích thước.
- Bánh mài với D > 80 mm sau khi lắp vào phải vượt qua thành công được việc **chạy thử** không tải ít nhất 5 phút với số vòng quay cao nhất cho phép trong vùng nguy hiểm được bảo đảm an toàn.
- Chỉ được phép điều chỉnh các bệ chi tiết hay nắp đậy bảo vệ khi máy ngừng (**Hình 5**).
- Lúc mài phải mang **kính bảo hộ**.



Hình 4: Kẹp đĩa mài



Hình 5: An toàn nơi giá mài

3.6.6.3 Ảnh hưởng vào kết quả mài

Các yêu cầu về đặc tính chất lượng của chi tiết mài chỉ có thể đạt được, khi đĩa mài và điều kiện cắt của máy mài được điều chỉnh cẩn thận trên chi tiết mài (**Hình 1**).

■ Thông số cắt gọt (Biến cắt gọt, độ lớn gia công)

Mỗi phương pháp mài được phân biệt qua chuyển động tiêu biểu và thông số cắt gọt (thông số điều chỉnh máy) (**Hình 2** và **Bảng 1**).

Tốc độ làm việc của đĩa mài v_c tương ứng với tốc độ chu vi. Ngoài tốc độ làm việc cao nhất trên nhãn cũng có ghi số vòng quay cho phép.

Quy tắc an toàn

Trong mọi trường hợp tốc độ làm việc không được phép vượt quá tốc độ làm việc cao nhất ghi ở nhãn đĩa mài.
Đĩa mài và máy cho tốc độ làm việc gia tăng phải tuân thủ các quy định quốc gia về an toàn.

Thông thường tốc độ làm việc cao nhất khi mài lên tới 35m/giây trên những máy mài cố định. Tốc độ làm việc có thể tăng đến 160m/phút. Những đĩa mài này được đánh dấu bằng màu (**Bảng 2**).

Thí dụ: Số vòng quay nào được điều chỉnh để một đĩa mài với đường kính D_{max} = 450mm cũng còn chạy với D_{min} = 250 m/phút ở tốc độ v_c = 35m/giây.

Lời giải:

$$n_s = \frac{v_c}{\pi \,.\, D}$$

$$n_{s\,min} = \frac{35 \,.\, 60 \text{ m/phút}}{\pi \,.\, 0{,}45 \text{ m}} = \mathbf{1486 \text{ /phút}}$$

$$n_{s\,max} = \frac{35 \,.\, 60 \text{ m/phút}}{\pi \,.\, 0{,}25 \text{ m}} = \mathbf{2675 \text{ /phút}}$$

Tốc độ bước dẫn tiến v_f (tốc độ phoi) tương ứng với tốc độ bước dẫn tiến bàn mài ở mài phẳng, ở mài tròn là tốc độ chu vi của chi tiết.

Bước dẫn tiến ngang *f* bằng mm cho mỗi hành trình cũng như **bước dẫn tiến dài *f*** bằng mm cho mỗi vòng quay ở mài tròn của chi tiết tùy thuộc theo bề ngang *bs* của đĩa mài.

Lượng ăn dao a (a_e) là chiều sâu cắt thẳng góc với chiều dẫn tiến chính. Mài hoàn chỉnh không có lượng ăn dao gọi là "nẹt lửa " hay "có lửa ".

Người ta chọn lượng ăn dao lớn khi mài phá (mài thô), chọn lượng ăn dao nhỏ để mài tinh.

Ảnh hưởng mài		
Chi tiết	Đĩa mài	Điều kiện cắt
Dạng vật liệu	Cỡ hạt Độ cứng Dạng	Phương pháp mài Độ lớn gia công Làm mát

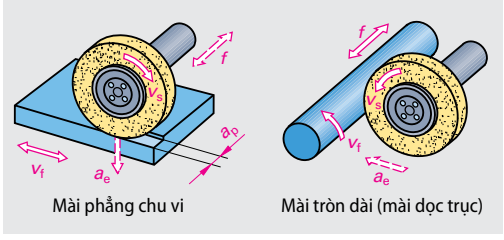
⇩

Tác dụng trong quá trình mài	
Cấu trúc phoi Hạt mài mòn	Lực mài Nhiệt khi mài

⇩

Đánh giá kết quả mài	
Chất lượng gia công	Hiệu quả kinh tế
Độ chính xác kích thước Độ chính xác hình dạng Độ bóng bề mặt Tình trạng tinh thể ở vùng biên	Thời gian gia công Vật liệu phoi được lấy đi Vật liệu đĩa mài được lấy đi Chi phí liếc đá

Hình 1: Ảnh hưởng và kết quả của mài



Hình 2: Độ lớn gia công ở mài

Bảng 1: Độ lớn gia công tùy thuộc vào phương pháp mài

Độ lớn gia công	Mài thường	Mài với tốc độ cao	Mài sâu
v_c (m/phút)	20...35	80...280	10...35
v_f (m/phút)	4...40	1...4	0,003...0,3
$q = v_s : v_f$	20...120	500...7000	500...200000
a (mm)	0,002...0,1	0,01...20	0,5...20

Bảng 2: Tốc độ gia công (làm việc) tăng lên cho phép

Lần màu	xanh dương	vàng	đỏ	xanh lá cây
v_{szul} m/s	50	63	80	100

Tỷ số tốc độ *q* là thước đo độ dày của phoi và do đó cũng là thước đo cho tải ở hạt.

Phoi mỏng phát sinh ở tỷ lệ vận tốc cao và cũng ở bề dài tiếp xúc lớn, thí dụ như ở mài sâu, mài cạnh và mài lỗ trong (**Hình 1**). Tỷ số tốc độ *q* được chọn tương ứng với phương pháp mài và vật liệu mài (Bảng 1 trang 175 và **bảng 1**).

$$q = \frac{v_c}{v_f} \quad \frac{\text{m/s}}{\text{m/s}}$$

Thí dụ: Một trục thép được mài với một tốc độ làm việc là 35m/phút ($q = 125$). Vận tốc chu vi v_f của trục là bao nhiêu?

Lời giải: $\boldsymbol{v_f} = \frac{v_c}{q} = \frac{95 \text{ m/giây}}{125} = 0{,}28 \text{ m/giây}$

$= \mathbf{16{,}8 \text{ m/phút}}$

Sự tăng tốc độ dẫn tiến ở vận tốc làm việc không thay đổi làm tăng thêm sự mài mòn đĩa mài và độ nhấp nhô cũng như giảm nhiệt độ ở vùng biên.

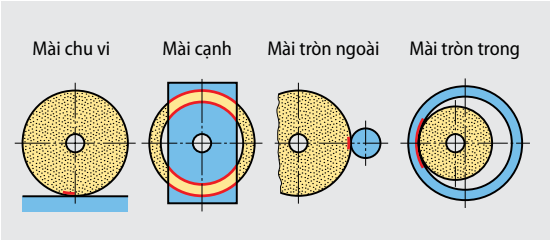
■ Nhiệt độ mài và làm nguội bôi trơn

Lúc mài phát sinh nhiều nhiệt qua sự cọ sát của hạt mài lúc cấu thành phoi. Ở vùng biên của phoi nhiệt có thể lên đến trên 1000^{0}C.

Nhiệt lúc mài là nguyên nhân làm tổn hại như kích thước sai lệch, ứng suất và hình thành vết nứt bởi nhiệt độ thay đổi ở vùng mài (**Hình 2**). Đốm cháy là một dấu hiệu, tinh thể vật liệu ở vùng biên chi tiết bị tổn hại bởi sự quá nhiệt. Hậu quả của nhiệt độ mài cao cũng có thể là một lớp da mềm và sau đó hình thành một lớp cứng mới ở bề mặt nhờ tác dụng của dung dịch làm nguội (Hình 3 trang 183).

Nhiệt độ thấp ở vùng biên đạt được qua:

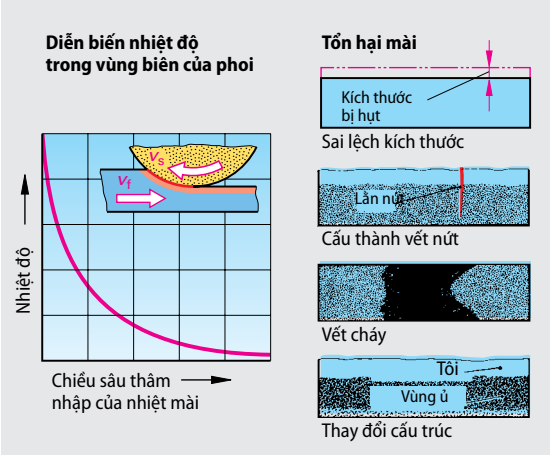
- Bước tiến ngang nhỏ và bề dài tiếp xúc nhỏ.
- Tỷ số tốc độ *q* nhỏ.
- Bánh mài với độ bám cao, lực giữ hạt thấp và hạt giòn.
- Bôi trơn làm nguội mãnh liệt.



Hình 1: Chiều dài tiếp xúc tùy thuộc theo phương pháp mài

Bảng 1: Tỷ lệ tốc độ *q* (mài thông thường)

Vật liệu	Mài phẳng		Mài tròn	
	Mài chu vi	Mài cạnh	ngoài	trong
Thép	80	50	125	80
Gang	65	40	100	65
Cu, hợp kim Cu	50	30	80	50
Kim loại nhẹ	30	20	50	30



Hình 2: Tổn hại mài qua sự tăng nhiệt ở vùng biên

Qua **bôi trơn làm nguội** ta giảm thiểu nhiệt ma sát, làm sạch buồng chứa phoi và làm nguội chi tiết. Dung dịch mài (chất bôi trơn làm nguội) hiệu quả nhất là dầu mài, nó làm giảm mạnh nhiệt ma sát hơn dầu mài hòa tan emulsi. Dùng dầu mài emulsi khiến cho vùng biên nóng hơn và sau đó làm nguội đột ngột, do đó thường xuyên xảy ra vết nứt mài.

Ở vận tốc đĩa mài cao phải dùng dung dịch cắt (dung dịch bôi trơn làm nguội) dưới áp suất cao. Tốc độ bước dẫn tiến càng thấp và càng phát sinh nhiều nhiệt hình thành thì lưu lượng dòng chảy (tốc độ dòng chảy) của dung dịch cắt càng lớn hơn.

3.6.6.4 Phương pháp mài

■ Đặt tên cho các phương pháp mài

Việc đặt tên cho phương pháp mài bao gồm các tính chất đặc trưng theo thứ tự chiều dẫn tiến, bề mặt tác dụng cũng như vị trí và loại của bề mặt được gia công (**Bảng 1**).

Thí dụ: Mài chiều dài, mài chu vi, mài phẳng, mài ngang, mài ngoài, mài tiết diện.

■ Mài phẳng

Mài phẳng mặt bên

Trong mài phẳng mặt bên những buồng chứa phoi ít khi đủ lớn để chứa phoi trong vùng tiếp xúc (**Hình 1** và hình 1 trang 176). Kết quả là áp lực mài cao, mức tiêu thụ công suất lớn và chất lượng mài thấp. Để giảm chiều dài tiếp xúc, có thể xoay nghiêng trục chính mài từ $0{,}5^0$ đến 3^0 từ chiều thẳng đứng (Hình 1).

Mài phẳng chu vi

Ở mài chu vi, việc gia công cắt gọt của hạt mài được thực hiện tại chu vi. Chiều dài tiếp xúc nhỏ để buồng chứa phoi của đĩa mài ít khi bị ép hoàn toàn và được làm sạch dễ dàng qua lực ly tâm và áp lực của dung dịch cắt.

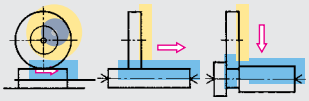
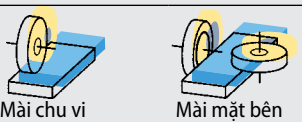
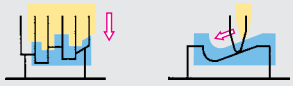
Đường kính và bề dày của đĩa mài được chọn lựa càng lớn càng tốt để nhiều hạt mài có thể tham gia vào quá trình gia công mài (**Hình 2**).

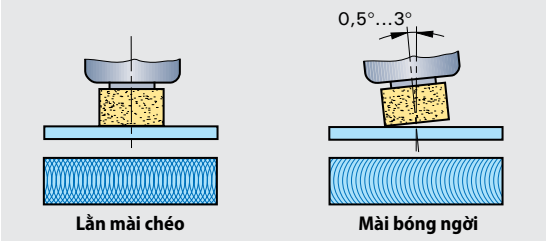
Trong trường hợp lý tưởng, bề dày của đĩa mài bằng bề rộng của chi tiết.

Bước tiến ngang nên có trị số từ 1/2 đến 4/5 bề rộng của đá mài. Lượng ăn dao nhỏ kết hợp với bước dẫn tiến ngang lớn làm cho tất cả các hạt ở chu vi tham dự vào việc gia công mài (**Bảng 2**). Do vậy tránh được mài mòn mạnh ở cạnh và sự tăng nhiệt cục bộ.

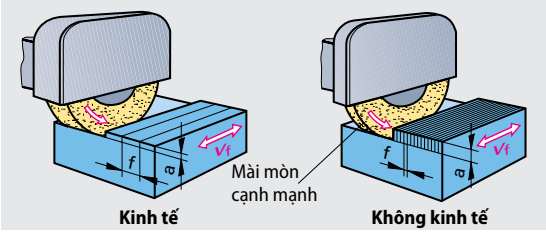
> Mài chu vi đặc biệt rất kinh tế, khi gia công với đĩa mài lớn, rộng bản và với bước tiến ngang lớn.

Bảng 1: Phân loại phương pháp mài

Đặc điểm		Phương pháp mài	
Chiều dẫn tiến		 Mài chiều dài	Mài ngang
Bề mặt tác dụng của bánh mài		 Mài chu vi	Mài mặt bên
Bề mặt được tạo ra	Vị trí	Mài ngoài,	Mài trong
	Loại	Mài phẳng,	Mài tròn
		 Mài định hình	Mài hình dạng
Tốc độ cắt		Mài thường, mài với tốc độ cao	
Lượng ăn dao		Mài dao động, mài sâu	
Độ nhấp nhô		Mài phá, mài hoàn chỉnh, mài tinh	



Hình 1: Mẫu mài ở mài phẳng cạnh bên



Hình 2: Ảnh hưởng của bước dẫn tiến ngang và lượng ăn dao ngang ở mài phẳng

Bảng 2: Giá trị chuẩn cho mài thép và gang với coridon và silicium cacbit

Phương pháp mài	Lượng dư (mm)	Lượng ăn dao a (mm)	Rz (µm)	Độ hạt	v_s (m/giây)	v_f (m/phút)
Mài phá	0,5...0,2	0,1...0,02	10..3	30..46	20...35	20...30
Mài hoàn chỉnh	0,1...0,02	0,05...0,005	5...1	46..80		
Mài tinh	0,02...0,005	0,008...0,002	1,6..0,3	80..120		

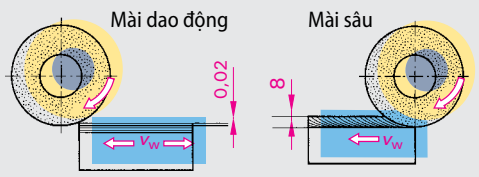
■ Mài dao động và mài sâu

Ở **mài dao động** (mài lắc) người ta mài từng bước với lượng ăn dao nhỏ và tốc độ bàn chạy cao cho đến lúc đạt được toàn bộ chiều sâu (**Bảng 1**). Đĩa mài luôn phải được chạy qua khỏi cạnh chi tiết, dẫn đến chủ yếu là mài mòn cạnh quá mức ở đỉnh tiết diện. Đặc biệt có tác dụng không thuận lợi là đường chạy quá đà và đĩa mòn khi mài tiết diện chi tiết ngắn.

Ở **mài sâu** (mài cắt toàn bộ) vì chiều dài tiếp xúc lớn người ta chọn lượng ăn dao lớn với tốc độ dẫn tiến nhỏ. Qua đó phát sinh phoi mỏng, hạt mòn ít và do đó tuổi thọ prôfin lớn. Điều này làm giảm đáng kể chi phí liếc đá. Nhiệt phát sinh lớn hơn lúc mài phải được dẫn đi bằng một lượng dung dịch làm nguội cao hơn. Đối với các phoi mỏng, dài và mềm việc sử dụng đá mài xốp với khoảng trống lớn là cần thiết.

Mài dao động rất có lợi khi mài ở lượng dư dưới 1mm. Mài sâu thuận lợi ở mài định hình.

Bảng 1: So sánh mài dao động – mài sâu (mài cắt toàn bộ)



Chiều sâu tiết diện ở thép: 8mm

Đặc điểm	Mài dao động	Mài sâu
Mài chồng lên (Mài qua lại nhiều lần)	400	1
Lượng ăn dao	0,02 mm	8 mm
Tốc độ dẫn tiến	250 mm/giây	1mm/giây
Dạng phoi	dày, ngắn	mỏng, dài
Mài mòn cạnh	lớn hơn	nhỏ hơn
Sai lệch prôfin	lớn hơn	nhỏ hơn

■ Máy mài phẳng và máy mài định hình (Hình 1)

Trong tất cả các máy mài trục mài cần có độ bền vững cao và độ đồng tâm chính xác, vì nó quyết định chất lượng mài liên quan đến sự dợn sóng, độ nhấp nhô và độ đúng kích thước.

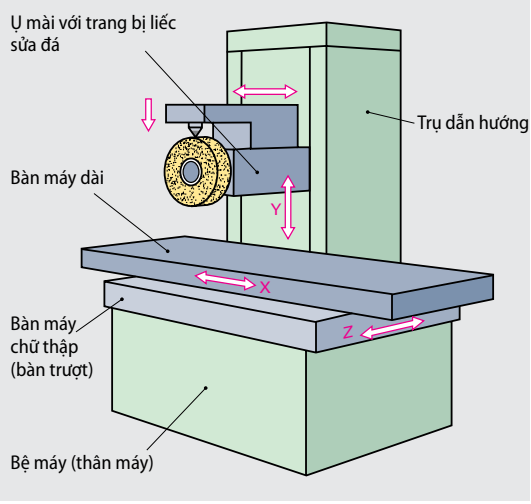
Máy mài CNC được bố trí các trục có thể điều khiển được (Hình 1). Chuyển động dọc ở trục X thường được dẫn bằng thủy lực. Chuyển động ngang của bàn máy chữ thập (Bệ) và chuyển động thẳng đứng được điều khiển bằng các động cơ biến tần (động cơ servo).

Hệ thống máy CNC – điều khiển theo đoạn thẳng tạo khả năng mài rãnh, mài định hình theo phương pháp mài chích và liếc đá với việc bù kích thước tự động (**Hình 2**).

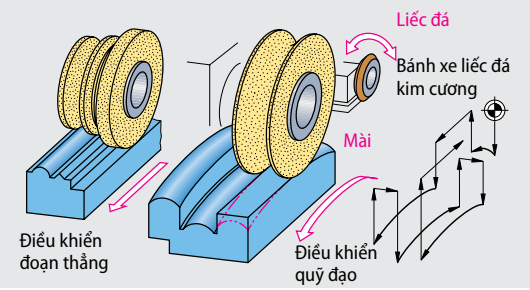
Hệ thống máy CNC – điều khiển theo quỹ đạo với bốn hay nhiều trục có thể điều khiển đồng thời mở rộng ra nhiều khả năng mài (Hình 2):

- Quỹ đạo cong theo hướng chiều dọc bàn máy.
- Điều khiển quỹ đạo mài định hình của tiết diện.
- Điều khiển quỹ đạo liếc đá (tạo tiết diện) của đĩa mài với việc sửa đá bằng kim cương.

Điều khiển CNC làm tự động hóa các quá trình mài và quá trình liếc sửa đá.



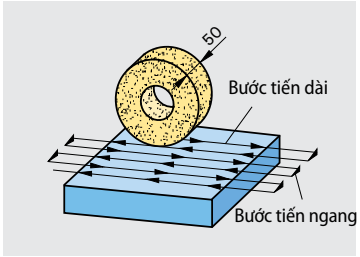
Hình 1: Máy mài phẳng và máy mài định hình



Hình 2: Mài định hình CNC

■ Quy trình công nghệ (Kế hoạch gia công) trong mài phẳng và mài rãnh

Những giá trị chuẩn và các khuyến nghị (giới thiệu) tra cứu ở trang 171 đến trang 177 cũng như ở sách sổ tay kỹ thuật là cơ sở để lập kế hoạch.



Hình 1: Mài phẳng

Thí dụ 1 (Hình 1):

Mài phẳng một tấm gang với chiều cao nhấp nhô *Rz* = 4 µm. Lượng dư là 0,5 mm. Hãy lập kế hoạch cho **quy trình sản xuất** (trình tự gia công).

Lời giải:

- Chọn một đĩa mài: 350 x 50 x 127 - C/F36J-10V-35
- Gắn mặt bích và cân bằng
- Liếc sửa đá với mũi kim cương
- Chọn dung dịch cắt (dung dịch bôi trơn làm nguội)
  Dầu mài hay dầu emulsi với 2...5% phần đậm đặc
  Tỷ lệ pha chất đậm đặc với nước ở 2% là 1:50 và ở 5% là 1:20
- Chi tiết được kẹp trên bàn kẹp nam châm
- Mài phẳng với các giá trị được chọn như sau:

  Tốc độ cắt $v_c = 30$ m/giây

  Tốc độ bước tiến $v_f = 30$ m/phút

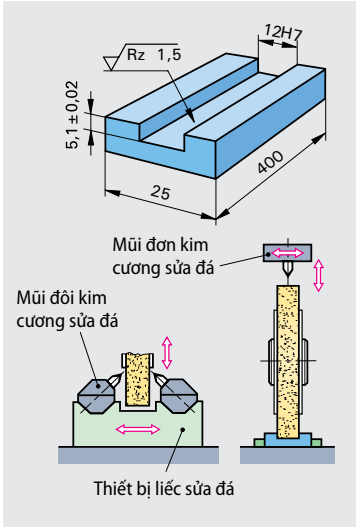
  Tỷ số tốc độ (giá trị chuẩn $q = 65$)

$$q = \frac{v_s}{v_f} = \frac{30 \,.\, 60 \text{ m/phút}}{30 \text{ m/phút}} = 60 \text{ (cho phép)}$$

  Bước tiến ngang mỗi hành trình f = 0,5. 50 mm = 25 mm

  (giá trị chuẩn: f = 0,5... 0,66 . b_s)

  Lượng ăn dao: a = 0,05 mm
- Tháo chi tiết ra bằng cách khử (nhả) từ trên bàn kẹp từ vĩnh cửu.
- Kiểm tra bề mặt mài qua mắt nhìn xem có đốm cháy, vết xước cũng như độ nhấp nhô *Rz*.



Hình 2: Mài rãnh

Thí dụ 2 (Hình 2)

Mài dao động rãnh 12 H7 trong một tấm thép đã tôi cứng. Lên phương án cho đá mài, liếc sửa đá và độ lớn điều chỉnh ở máy.

Lời giải:

- Chọn đĩa mài thẳng
  150 x 13 x 32 - A/F46H-9V-40
- Liếc đá với mũi kim cương đơn và với mũi kim cương đôi để liếc thành bậc đúng tâm dung sai của bề rộng đĩa 12,012 mm (12 H7 = 12 + 0,025)
- Chọn độ lớn điều chỉnh (**Hình 3**)

  Đoạn đường chạy bước tiến = 400mm + (2 x 16mm)
  = 432mm

  Tốc độ cắt $v_c =$ 30 m/phút

  Tỷ số tốc độ $q =$ 80

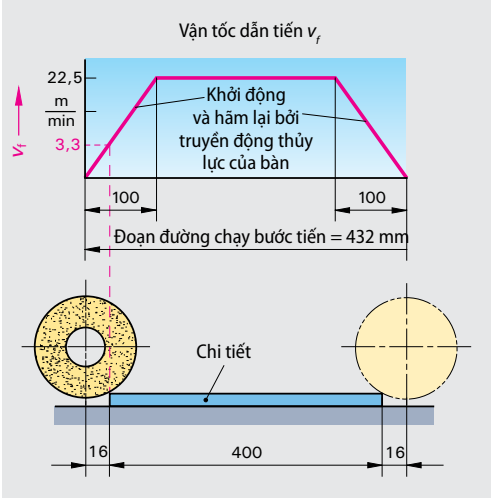
  Tốv độ bước dẫn tiến

$$v_f = \frac{v_s}{q} = \frac{30. 60 \text{ m/phút}}{80} = 22.5 \text{ m/phút}$$

  Tốc độ dẫn tiến của đĩa mài chạy qua lại (khi đi vào và đi ra khỏi phôi) chỉ vào khoảng 3,3 m/phút

  Lượng ăn dao: Mài phá $a_1 = 0,1$ mm

  Mài tinh $a_2 = 0,005$ mm



Hình 3: Tốc độ dẫn tiến trên đoạn đường dẫn tiến

■ Mài tròn

Mài tròn ngoài

Tiêu biểu của mài tròn ngoài là đoạn dài tiếp xúc rất ngắn giữa chi tiết và đá mài. Có nghĩa là nhiệt phát sinh ít lúc mài, làm nguội thuận lợi và dễ dàng tiếp nhận phoi qua khoảng trống buồng chứa phoi của đĩa mài.

Ở **mài dọc trục** chi tiết được dẫn chạy dọc theo trục (ngang) đĩa mài nhờ bước dẫn tiến của bàn trượt (**Hình 1**). Đối với chi tiết tròn suốt, đĩa mài nên chạy qua khỏi điểm cuối của hành trình (khoảng chạy) một chút, nếu không thì đoạn cuối của chi tiết sẽ có kích thước đường kính lớn hơn.

Chi tiết dài bị lực mài đẩy mạnh và phải được đỡ qua giá đỡ cố định (lu nét).
Bước dẫn tiến dọc ở mài thô (phá) nên bằng 2/3... 3/4 bề rộng đĩa, ở mài tinh là 1/4... 1/2.

Ở **mài chích** ngang (mài tròn ngang) lượng ăn dao của đĩa mài được thực hiện liên tục đến khi chi tiết đạt được kích thước tinh (**Hình 2**). Đĩa mài hơi rộng hơn so với chi tiết, do đó bước dẫn tiến dọc không có. Chi tiết dài trước hết mài chích đúng kích thước từng phần, để sau đó mài bóng qua 1..2 lần hành trình mài không có lượng ăn dao.

Ở mài chích nghiêng đĩa mài được chỉnh nghiêng 30^0 để có thể mài bề mặt gờ cao.

Mài chích rãnh rất có lợi vì lượng phoi cắt cao.

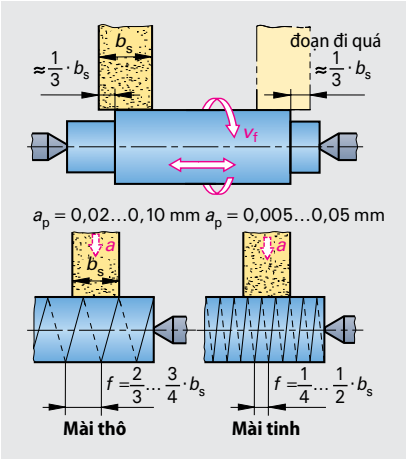
Mài tròn trong (Hình 3)

Ngược với mài tròn ngoài, mài tròn trong lỗ khoan có đoạn tiếp xúc dọc trục lớn hơn giữa bánh mài và chi tiết. Kết quả là phoi mỏng, dài, dẫn đến nén đầy vào khoảng trống buồng phoi. Bánh mài bị giới hạn qua các đường kính lỗ và từ đó thay đổi nhanh kích thước lúc mài. Chi tiết và trục mài không được phép chịu lực mài lớn do đó nên chọn bề rộng bánh mài và lượng ăn dao nhỏ cho phù hợp.

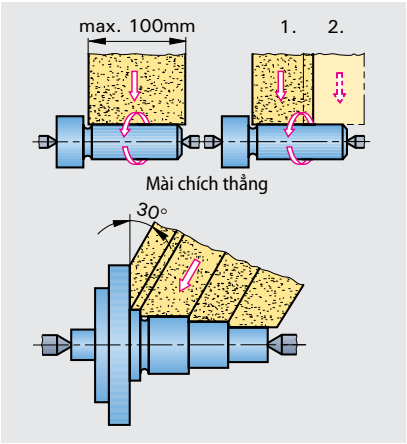
Đường kính bánh mài nên đạt từ 6/10 đến 8/10 của đường kính lỗ.
Nên chọn bánh mài xốp lớn như có thể với hạt thô và độ cứng nhỏ để thuận lợi cho gia công.

Mài vô tâm (Hình 4)

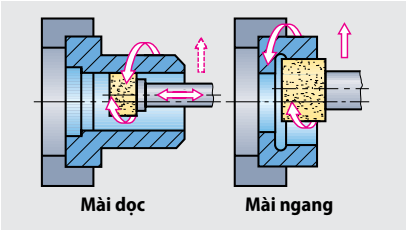
Ở **mài suốt vô tâm** chi tiết được dẫn giữa đế chặn, bánh mài và đĩa mài dẫn và được mài suốt trong một lần đi qua. Đĩa mài thực hiện công đoạn mài trong khi đĩa mài dẫn chạy chậm hơn được bọc cao su và qua đặt nghiêng từ 2^0 đến 15^0 tác động bước dẫn tiến. Chi tiết quay theo với khoảng tốc độ chu vi của đĩa mài dẫn. Phương pháp này phù hợp với chi tiết không có bậc, thí dụ như chốt trụ.



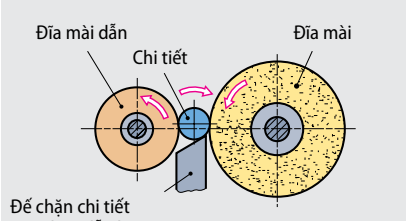
Hình 1: Mài dọc trục



Hình 2: Mài chích



Hình 3: Mài tròn trong



Hình 4: Mài vô tâm

■ Máy mài tròn

Người ta phân biệt giữa **máy mài tròn ngoài và máy mài tròn lỗ trong** tùy theo vào việc mài lỗ hay mặt phẳng ngoài (**Hình 1**). Máy mài tròn ngoài có trang bị thêm bộ phận mài lỗ gọi là máy mài tròn vạn năng.

Máy mài tròn ngoài và máy mài tròn trong thích hợp để mài dọc hay mài ngang, người ta chia ra mài chích thẳng hay mài chích nghiêng (**Hình 4** và Hình 2 trang 180).

Quy tắc làm việc

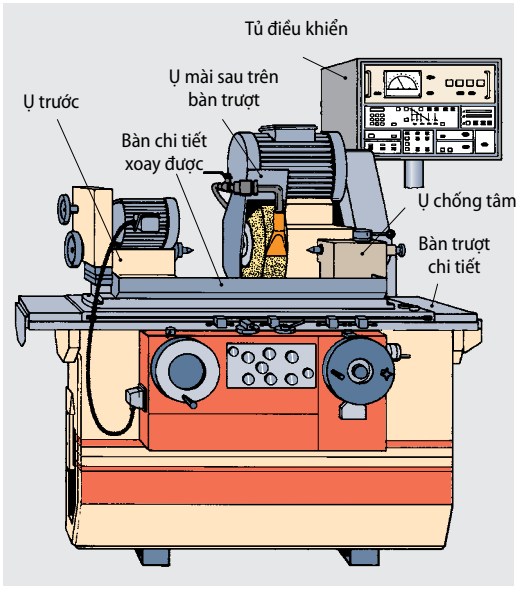
Sự **kẹp chặt** chi tiết đang quay được xác định tùy theo sự đẩy bởi lực mài:

- **Chi tiết ngắn** hầu hết được kẹp tự do (không có gá đỡ) trong mâm cặp hay kẹp rút.
- **Chi tiết dài, mỏng** được kẹp ở giữa hai mũi chống và qua bộ phận đỡ cố định (lu nét) để chống lại lực đẩy.

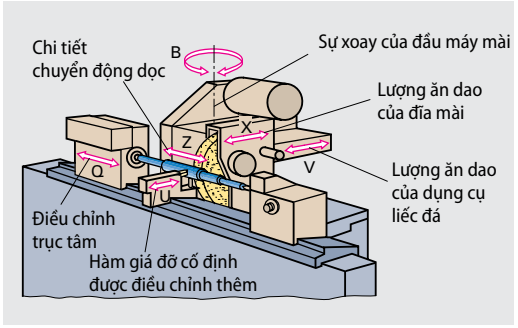
■ Máy mài tròn CNC

Bàn trượt chi tiết cho chuyển động dọc (trục Z) và bàn trượt ngang với ụ mài cho chuyển động lượng ăn dao (trục X) (chuyển động dẫn tiến ngang) cấu thành hai trục chính của việc điều khiển quỹ đạo (**Hình 2**). Trục phụ quan trọng nhất là trục B để làm xoay bàn chi tiết hay ụ mài để có thể mài côn. Qua trục B, góc xoay của đơn vị mài với nhiều trục chính cũng có thể lập trình được (**Hình 3**). Điều này cho phép mài trong và mài ngoài trong một lần kẹp. Ở mài CNC, chỉ với một dạng đĩa mài người ta có thể mài chi tiết có những dạng khác nhau qua hệ thống điều khiển quỹ đạo (Hình 4). Cả việc tạo prôfin cho đĩa mài cũng rất linh hoạt với việc liếc sửa đá được điều khiển bằng CNC, có nghĩa là với một dụng cụ sửa đá bằng kim cương người ta có thể tạo dạng bánh mài với nhiều prôfin khác nhau (**Hình 5**).

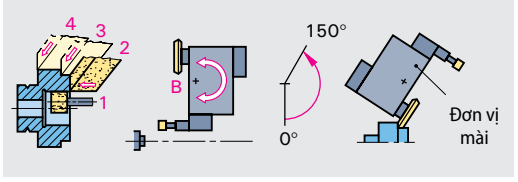
Với điều khiển bằng CNC quy trình mài có thể được tối ưu hóa, tự động hóa và giám sát.



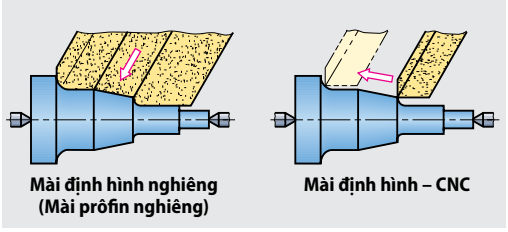
Hình 1: Máy mài tròn ngoài



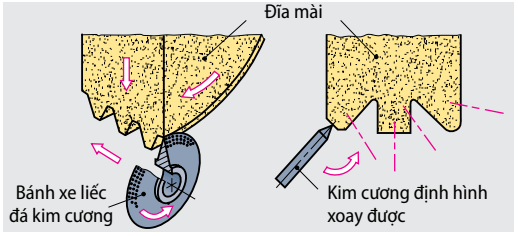
Hình 2: Quá trình chuyển động ở một máy mài tròn CNC



Hình 3: Đơn vị mài CNC với 2 trục chính



Hình 4: Mài định hình

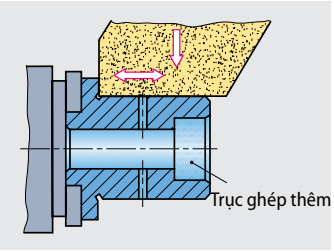


Hình 5: Sửa tiết diện bằng điều khiển quỹ đạo

■ Quy trình công nghệ (Kế hoạch gia công)

Thí dụ 1 (**Hình 1**)
Mài chích nghiêng một trục có bậc. Hãy lập kế hoạch cho quy trình gia công.
Lời giải:

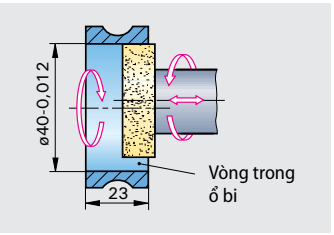
- Kẹp chi tiết vào mâm cặp 3 hàm
- Liếc sửa đá đĩa mài nghiêng
- Định vị chi tiết đến đĩa mài
- Mài thô đường kính (lượng dư 0,3 mm)
- Mài phẳng vai (lượng dư 0,1 mm)
- Rút ra khỏi vai phẳng
- Mài hoàn tất đường kính



Hình 1: Mài chích

Thí dụ 2 (**Hình 2**)
Mài lỗ ở vòng trong của ổ bi bằng thép crôm trui cứng. Hãy chọn một đĩa mài (tốc độ cắt 25 m/giây) cũng như các thông số điều chỉnh của máy.
Lời giải:

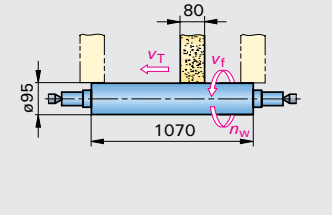
- Chọn đĩa mài 37 x 16 x 10 – A/F100K–6V–60
  Những thông số điều chỉnh được chọn:
- Tỷ số tốc độ $q = 80$ (Bảng 1 trang 176)
- Tốc độ bước dẫn tiến $v_f = \frac{v_c}{q} = \frac{25.60 \text{ m/phút}}{80} = 18,75 \text{ m /phút}$
- Số vòng quay của chi tiết $n_w = \frac{v_f}{\pi . d} = \frac{18,75 \text{ m/phút}}{\pi . 0,04 \text{ m}} = 149 \text{ vòng/phút}$



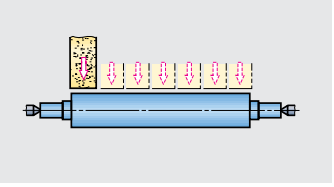
Hình 2: Mài lỗ

Thí dụ 3 (**Hình 3**):
Mài dọc trục một trục bằng thép với lượng dư mài z = 0,5 mm. Hãy lên kế hoạch tìm số vòng quay n_w và tốc độ bàn v_T
Lời giải:

- Tốc độ bàn $v_T = 1/3 . b . n_w$
  (1/3 . b = bước dẫn tiến dài được chọn cho mỗi vòng quay)
  Bề rộng của đĩa mài được chọn b = 80 mm
- Tốc độ bước dẫn tiến của chi tiết $v_f = 10$ m / phút (được chọn)
- Số vòng quay của chi tiết $n_w = \frac{v_f}{\pi . d} = \frac{10 \text{ m/phút}}{\pi . 0,095 \text{ m}} = 33,5 \text{ vòng/phút}$
- Tốc độ bàn $v_T = \frac{1}{3} . b_s . n_w = \frac{1}{3} . 80\text{mm} . 33,5 \text{ vòng/phút}$
  $v_T = 893 \text{ mm / phút}$



Hình 3: Mài dọc trục



Hình 4: Mài chích

Ôn tập và đào sâu

1 Hạt mài với độ hạt 60 có thể đạt được chiều sâu nhấp nhô là bao nhiêu?
2 Chất kết dính của đĩa mài có nhiệm vụ gì?
3 Kết dính bằng gốm ở mài định hình có ưu điểm gì?
4 Người ta hiểu thế nào về độ cứng của một đĩa mài?
5 Tại sao độ mài mòn cũng phụ thuộc vào độ cứng của đĩa mài?
6 Tại sao người ta sử dụng đĩa mài mềm cho vật liệu mài cứng và đĩa mài cứng cho vật liệu mài mềm?
7 Tại sao đĩa mài xốp được đề nghị cho mài lỗ và mài sâu?
8 Tại sao đĩa mài phải được liếc?
9 Tại sao phải chú ý quy định phòng chống tai nạn khi kiểm tra và lúc kẹp đĩa mài?
10 Lượng nhiệt cao trong quá trình mài trên chi tiết gây nên tác dụng nào?
11 Chích mài từng đoạn tuần tự có ưu điểm gì (**Hình 4**) khi so sánh với mài dọc trục (Hình 3)?

3.6.7 Gia công chính xác

Thí dụ ứng dụng điển hình cho gia công tinh là hành trình chạy (khoảng chạy) của pittông ở động cơ xăng và động cơ dầu (**Hình 1**). Những xy lanh ở thân máy phải được gia công sao cho giữa hành trình chạy của pittông và vòng găng (bạc xét măng) phải hình thành tính chất trượt tốt.

Bề mặt được mài khôn có tác động trượt tốt qua độ nhấp nhô của bề mặt phẳng lồi lên (Trang 37). Ngay cả ăn mòn nhỏ của vật liệu cho kết quả một hàm lượng vật liệu cao (phần đỡ). Các lần sâu ở bề mặt có chức năng là tiếp nhận dầu cho bôi trơn. Do đó tác động chạy rà của động cơ hay hộp số được cải thiện.

■ Yêu cầu đối với động cơ (Bảng 1)

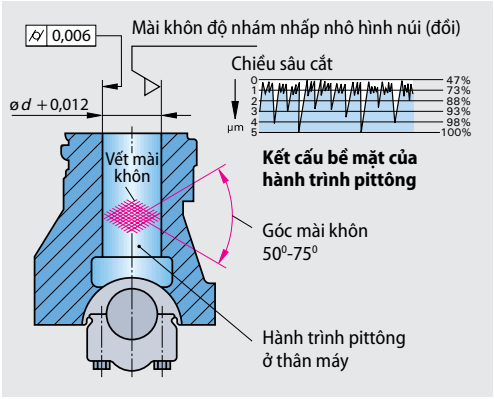
- Khả năng chịu tải cao của bề mặt trượt ống lót xy lanh.
- Thời gian chạy rà ngắn ở động cơ mới.
- Mài mòn ít ở bề mặt trượt qua khả năng bôi trơn cao và một hàm lượng vật liệu cao (**Hình 2**).
- Tiêu hao nhiên liệu thấp và ít hao dầu.
- Ngăn ngừa pittông ăn mòn qua độ bền mòn ma sát cao.

Độ bền mòn ma sát cao chịu ảnh hưởng của độ cứng vật liệu, của ứng suất hay qua biến đổi tinh thể ở vùng biên phát sinh trong lúc gia công. Do đó chi tiết mài phải được gia công tinh, để loại trừ các lỗi ở vùng biên hình thành qua nhiệt mài và lực ép mài (**Hình 3**).

■ Yêu cầu đối với phương pháp gia công tinh

- **Hàm lượng vật liệu** cao (phần vật liệu để chịu tải) ở bề mặt trượt và bề mặt kín.
- **Chiều sâu nhấp nhô** nhỏ để tăng cao hàm lượng vật liệu chịu tải và độ bền mài mòn. Chiều sâu nhấp nhô từ Rz = 1...3µm là cần thiết vì dầu bám trên diện tích trượt (Hình 2).
- **Kích thước chính xác, hình dáng chính xác và vị trí chính xác** cao. Có thể đạt tới độ dung sai 4 hay tốt hơn.
- **Không có tổn hại ở vùng biên của chi tiết** vì nén hay nhiệt khi gia công.

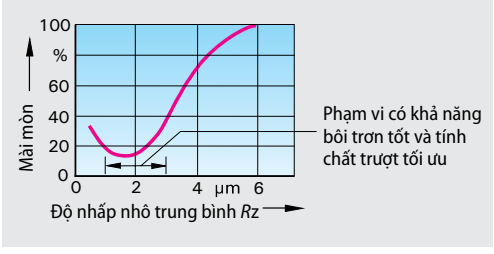
Ở mài khôn có thể đạt được bề mặt kín và bề mặt trượt với ứng suất nén rất nhỏ. Ứng suất nén làm tăng khả năng chịu tải và độ bền mỏi của các chi tiết hoạt động.
Ở chi tiết mài miết không nhận biết được có ảnh hưởng nhiệt và ảnh hưởng nén đáng kể ở vùng biên.



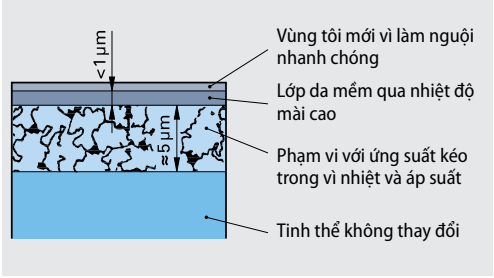
Hình 1: Gia công tinh của một hành trình pittông

Bảng 1: Yêu cầu chất lượng ở động cơ

Tính năng gia công	Tính năng hoạt động
Góc mài khôn	Tiêu hao dầu bôi trơn
Kích thước chính xác	Độ kín hơi
Độ trụ	Thời gian chạy rà
Chiều sâu nhấp nhô	Tính chất trượt
Hàm lượng vật liệu	Thời gian sử dụng
Tình trạng tinh thể (vùng biên)	Độ bền mòn ma sát



Hình 2: Ảnh hưởng của chiều sâu nhấp nhô trên mài mòn của hành trình chạy



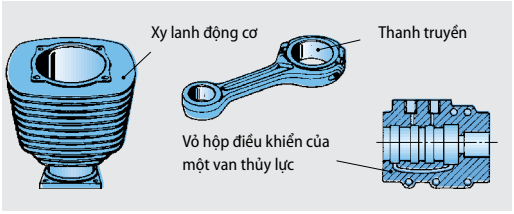
Hình 3: Vùng biên bị tổn hại vì mài

3.6.7.1 Mài khôn

Ống lót xy lanh và thanh truyền của động cơ cũng như vỏ hộp điều khiển của van thủy lực cần có bề mặt trượt được bôi trơn ít mài mòn (**Hình 1**). Điều này đạt được một cách an toàn nhất qua mài khôn vì bề mặt với lằn gia công đan chéo nhau tạo thành một **nơi có khả năng chứa dầu** tuyệt vời.

> Đặc điểm của mài khôn là sự kết hợp (cộng hưởng) giữa chuyển động tròn và chuyển động dọc trục trong quá trình loại bỏ kim loại cũng như rất ít nhiệt ở vùng biên của phoi.

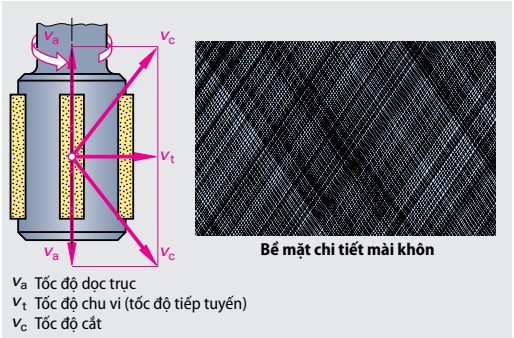
Mài khôn là sự cắt phoi với hạt mài được kết dính dưới sự tiếp xúc liên tục với bề mặt của đá mài khôn. Dựa theo chiều dài hành trình, phương pháp mài khôn được chia làm mài khôn hành trình dài và mài khôn hành trình ngắn.



Hình 1: Thí dụ điển hình cho mài khôn với hành trình dài

■ Mài khôn hành trình dài

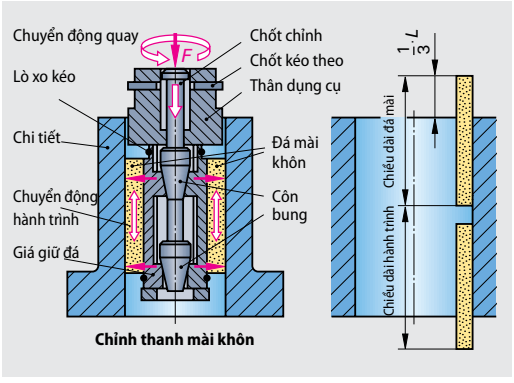
Ở mài khôn hành trình dài dụng cụ đầu mài khôn (mũi doa) dẫn chuyển động tròn và hành trình chuyển động lên xuống, để tạo ra mặt võng các lằn gia công dưới một góc xác định trước (**Hình 2**). Tốc độ chu vi v_t và tốc độ dọc trục v_a kết hợp là tốc độ cắt v_c.



Hình 2: Các chuyển động và bề mặt ở mài khôn hành trình dài

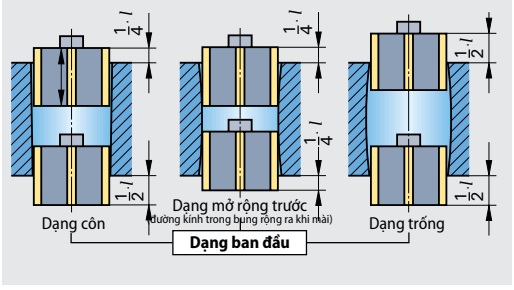
Đầu mài khôn tùy theo độ lớn của đường kính mài có thể nhận từ 3 đến 12 giá giữ đá dịch chuyển xuyên tâm. Lượng ăn dao của **đầu mài khôn** được thực hiện bằng kết nối dạng khớp qua côn bung. Đầu mài khôn với béc đo khí nén ngắt tự động lượng ăn dao khi kích thước mong muốn của lỗ mài đạt được.

Chỉnh sửa hình dạng. Sự chồng phủ lớn lên nhau qua các chuyển động của đá mài khôn tương đối dài và của lượng ăn dao cố định có khả năng sửa chữa lỗi dạng trụ của lỗ khoan. Gia công mài khôn lỗ thông suốt phải chỉnh vị trí hành trình và chiều dài hành trình sao cho khoảng 1/3 bề dài của đá mài nhô ra ngoài lỗ (**Hình 3**). Đường kính của hình trụ lúc gia công thô có sai lệch thì phần hành trình đi quá của đá mài ở cạnh hẹp được kéo dài ra và ở cạnh rộng được thu ngắn lại (**Hình 4**). Khi ở lỗ cụt thiếu phần hành trình đi quá thì có thể khôn phá với đầu khôn ngắn và hành trình ngắn đến đáy lỗ.



Hình 3: Lượng ăn dao và chuyển động hành trình của đầu mài khôn

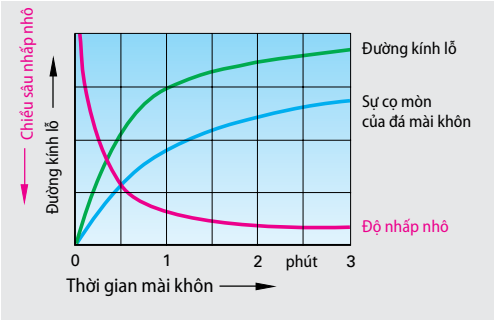
Quy trình mài khôn. Đá mài khôn ép vào chi tiết với một lực ép từ 10 N/cm² đến 100 N/cm². Sức ép nhỏ và tốc độ cắt thấp (nhỏ hơn 30m/phút) làm nhiệt độ ở vùng biên không tăng quá 100 °C ngay cả lúc mài phá.



Hình 4: Ảnh hưởng của thanh mài nhô ra khỏi dạng lỗ

Bắt đầu quá trình mài khôn, mũi nhọn nhấp nhô và dợn sóng lồi được loại bỏ nhanh chóng. Với hàm lượng vật liệu (diện tích) của mặt mài tăng, độ xuyên sâu của hạt mài dưới áp lực tiếp xúc không đổi giảm đi. Lực tải hạt đá mài khôn cuối cùng là quá nhỏ, hạt không thể tách ra được. Qua đó việc loại bỏ vật liệu, sự cọ mòn của đá mài khôn và độ nhám bề mặt giảm theo thời gian mài khôn (**Hình 1**).

Với thời gian mài khôn tăng, sự thay đổi kích thước và chiều sâu nhấp nhô giảm đi từng phút.



Hình 1: Ảnh hưởng của thời gian mài khôn đối với việc mài mòn vật liệu, cọ mòn đá mài khôn và độ nhấp nhô

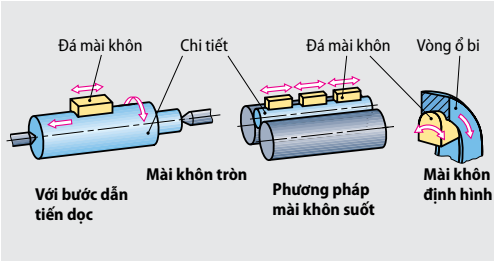
■ Kết cấu của đá mài khôn

Kết cấu của đá mài khôn cũng giống như ở đĩa mài. Đá mài khôn cũng cần phải tự làm sắc ngay cả với lực tiếp xúc nhỏ, nghĩa là hạt mài phải có thể tách và vỡ ra mặc dù tải hạt nhỏ. Loại hạt dùng nhiều nhất là kim cương và bor nitrit, sử dụng độ lớn hạt từ 20 µm đến 200 µm, trong đó hạt nhỏ hơn cũng cho độ nhấp nhô nhỏ hơn.

Trong mài khôn, độ lớn hạt, lực tiếp xúc và tốc độ cắt ảnh hưởng đến độ bóng bề mặt đạt được.

■ Mài khôn hành trình ngắn (mài rung, miết)

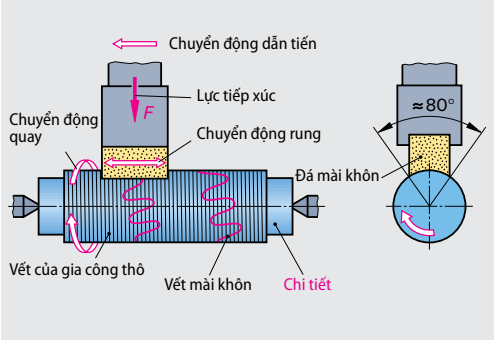
Qua mài khôn hành trình ngắn (phương pháp mài siêu tinh), chủ yếu là bề mặt ngoài của trụ, thí dụ như cổ bợ trục cốt máy (trục khuỷu) hay vòng rãnh chạy của ổ bi được gia công chính xác (**Hình 2**).



Hình 2: Các phương pháp mài khôn hành trình ngắn

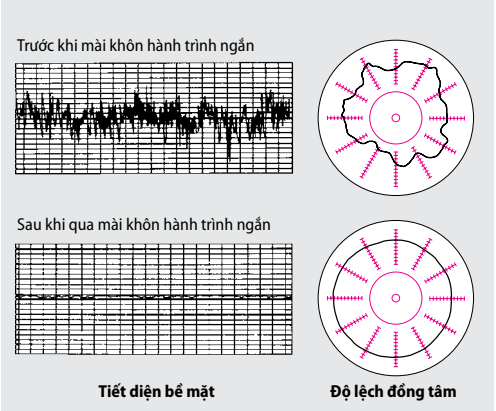
Qua việc loại bỏ lớp da mềm và các lần gia công phát sinh lúc mài, phương pháp mài khôn hành trình ngắn cải thiện rất nhiều độ bền mỏi của các chi tiết chịu lực cao.

Đá mài khôn được gắn với một đầu rung truyền động bằng khí nén hay bằng điện cơ. Nó rung trên chi tiết ở chiều dọc với một độ lệch từ 1mm đến 6 mm ngang qua lằn tiện hay lằn mài của gia công thô và được đẩy vào chi tiết quay với một lực ép 10 N/cm^2 đến 40 N/cm^2 (**Hình 3**). Qua hành trình ngắn và nhanh với tần số từ 2300... 3000 /phút, kích cỡ đá mài khôn bị giới hạn, nghĩa là lỗi hình dạng chỉ có thể giảm được trong vòng chồng phủ các chuyển động của đá mài khôn.



Hình 3: Chuyển động ở mài khôn hành trình ngắn

Mài khôn hành trình ngắn có thể cải thiện được rõ ràng độ đồng tâm qua việc loại bỏ dợn sóng, trong khi độ sai lệch của hình dạng ống hầu như không thể sửa chữa được (**Hình 4**).



Hình 4: Bề mặt và dạng tròn ở mài khôn hành trình ngắn

3.6.7.2 Mài nghiền

Ở mài nghiền vô số hạt mài rời được đẩy lăn giữa chi tiết và đĩa mài nghiền (**Hình 1**). Hiệu ứng của đẩy lăn với tác động nhổi dẫn đến việc loại bỏ vật liệu và ngược lại với mài khôn, ở đây xuất hiện những vết gia công không định hướng.

■ Ảnh hưởng đến quá trình mài nghiền

- Hạt thô cho sự loại bỏ vật liệu cao, hạt mịn cho chiều sâu nhấp nhô nhỏ
- Với lực tiếp xúc tăng lên, việc loại bỏ vật liệu tăng lên (**Hình 2**). Vì thế làm việc lúc ban đầu với áp lực cao, gia công nghiền sau cùng với áp lực thấp hơn.
- Tốc độ mài nghiền ít ảnh hưởng đến việc loại bỏ vật liệu và độ bóng bề mặt.

Hỗn hợp mài nghiền gồm hạt mài nghiền và nước hay dầu mài nghiền (Hình 1). Để chỉ có đầu nhọn hạt nhô ra khỏi màng nước và màng dầu, người ta sử dụng dầu nghiền đặc biệt cho hạt mài to.

Hạt mài nghiền (Bột mài nghiền) cần đạt được công suất cao như có thể để loại bỏ vật liệu và một độ nhấp nhô đồng đều. Quan trọng là các hạt có độ lớn khác nhau nhưng phải nhỏ, vì hạt lớn hơn gây ra trầy xước. Người ta sử dụng hạt mài với số 400, 500 và 600 có độ lớn hạt trung bình 9,3 µm, 12,8 µm và 17,3 µm. Các bột mài nghiền thường được sử dụng dùng trước đây là silicium cacbít, coridon, và bor cacbít sẽ dần dần được thay thế bởi hạt kim cương.

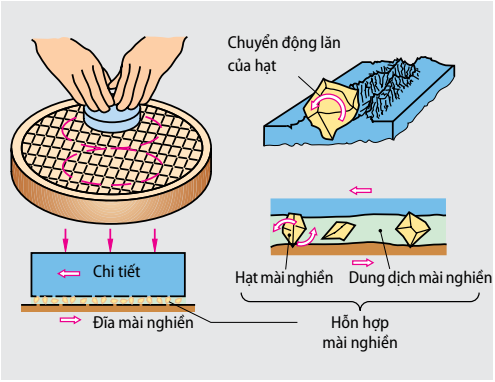
■ Máy mài nghiền một đĩa (**Hình 3** và **Hình 4**)

Đặc điểm của máy mài nghiền một đĩa là đĩa mài nghiền quay và vòng chỉnh sửa.

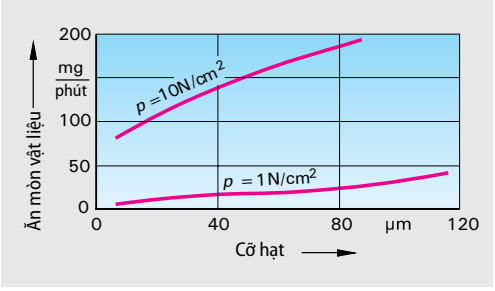
Đĩa mài nghiền (đĩa làm việc) chủ yếu bằng gang hạt mịn. Các đĩa mài nghiền với độ cứng trung bình có khả năng sửa đá tốt và tạo thuận lợi cho hạt lăn tốt. Chi tiết qua mài nghiền có được bề mặt bóng mờ điển hình. Cho mài nghiền đánh bóng ta sử dụng đĩa mài nghiền bằng đồng đỏ, thép hay nhôm. Nhờ hạt mài mịn của đĩa mài "mềm" này sẽ phát sinh bề mặt bóng phản chiếu.

Nhiệm vụ của vòng chỉnh sửa là:

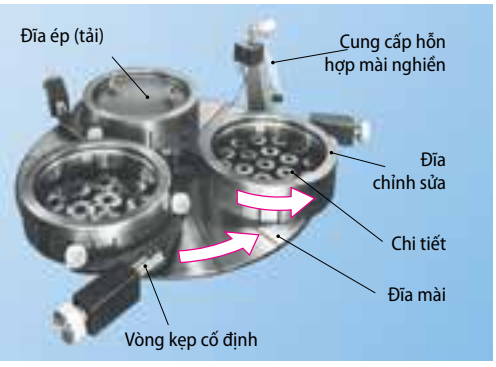
- Tiếp nhận và hướng dẫn chi tiết theo quỹ đạo cong để đạt được sự loại bỏ phoi đồng đều của đĩa mài nghiền.
- Sửa đĩa mài nghiền bằng cách vòng sửa đĩa nơi đường kính lớn của đĩa mài nghiền được quay theo cùng chiều.
- Phân bổ hỗn hợp mài nghiền và loại bỏ các phoi mòn qua rãnh ngoài biên của đĩa mài nghiền.



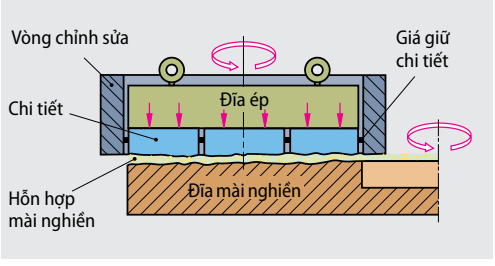
Hình 1: Quá trình mài nghiền



Hình 2: Sự phụ thuộc của mài mòn vật liệu vào cỡ hạt và lực đè



Hình 3: Mài nghiền phẳng trên máy nghiền một đĩa



Hình 4: Mài nghiền với một tấm ép

■ Kiểm tra độ phẳng của đĩa mài nghiền

Để một chi tiết với đường kính 100 mm đạt độ phẳng 0,1 µm thì độ phẳng của đĩa mài nghiền phải bằng hoặc tốt hơn. Để giám sát độ phẳng của đĩa mài nghiền được kiểm tra từ một đến hai lần trong một ngày làm việc. Phương tiện để kiểm tra được sử dụng thước chính xác hay thước đo với nhiều đầu dò (**Hình 1**).

Sự chỉnh sửa đĩa mài nghiền từ máy mài nghiền một đĩa hay máy mài nghiền hai đĩa phải qua kiểm tra, khi sai lệch không cho phép của độ phẳng xuất hiện. Dạng lồi phát sinh, khi sự loại bỏ phoi ở ngoài quá lớn (**Hình 1**). Để khắc phục, vòng sửa sẽ được điều chỉnh theo bậc ở mức từ 2,5 mm vào phía trong cho đến khi nào đạt độ phẳng. Ở đĩa mài nghiền lõm vòng sửa được chỉnh ra ngoài.

> Hình dạng lệch của một đĩa mài nghiền phụ thuộc theo hình dạng và vật liệu của chi tiết cũng như số vòng quay của đĩa chỉnh sửa.

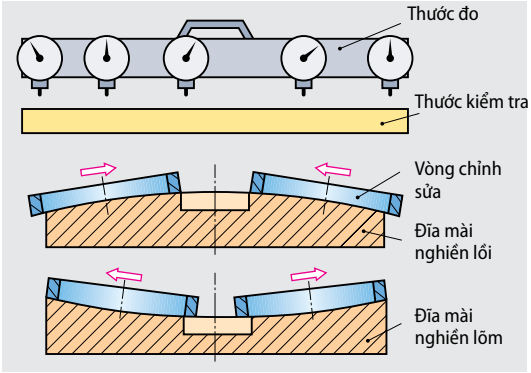
Ở **mài nghiền phẳng,** độ phẳng của đĩa mài nghiền chuyển qua chi tiết. Tấm ép (tấm nén) làm tăng cao sự loại bỏ vật liệu (Hình 4 trang 186). Chi tiết không bằng phẳng được ép các miếng đệm giữa có tính đàn hồi vào đĩa mài nghiền. Chi tiết nhỏ được đặt vào vào khoảng hở của giá đỡ chi tiết trong vòng chỉnh sửa.

Mài nghiền phẳng song song được thực hiện với một tấm ép không có đệm giữa. Mặt dưới của tấm ép phải chứng tỏ có một độ phẳng cao và sạch sẽ. Khả năng đạt được độ lệch song song đến 0,2 µm.

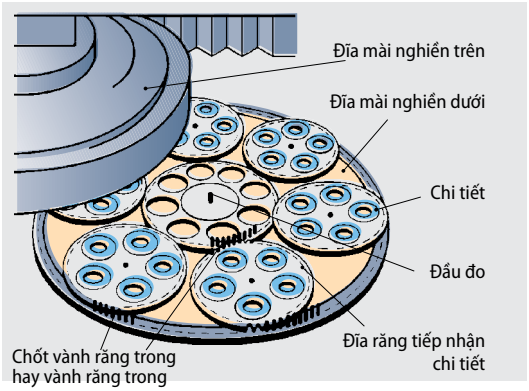
Máy mài nghiền hai đĩa gia công cùng lúc các bề mặt chi tiết giữa hai đĩa mài nghiền (**Hình 2**). Hỗn hợp mài nghiền được dẫn liên tục với định lượng và lực tiếp xúc đĩa mài nghiền trên tác động sự loại bỏ phoi. Những chi tiết được truyền dẫn bởi đĩa răng (đĩa quay). Việc loại bỏ phoi đều đặn của đĩa mài nghiền được cố gắng đạt tới qua sự thay đổi chiều quay của đĩa mài nghiền và phần mài quá ranh giới bìa đĩa của chi tiết.

> Vì tác động có thể lật của chi tiết, chiều cao của chi tiết nên nhỏ hơn kích thước của bề mặt đế.

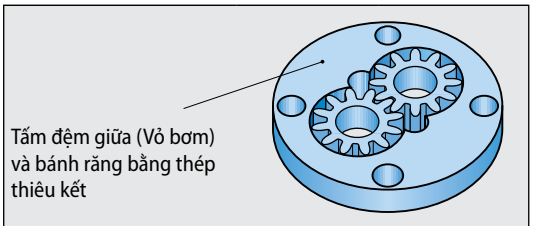
Thí dụ ứng dụng điển hình là chi tiết của bơm bánh răng (**Hình 3**). Độ phẳng song song và bề dày của bánh răng cũng như tấm đệm giữa (vỏ bơm) rất quan trọng cho chức năng của bơm.



Hình 1: Sự điều chỉnh của vòng chỉnh sửa ở sai lệch độ phẳng



Hình 2: Máy mài nghiền hai đĩa



Tính năng gia công	Tấm đệm giữa	Bánh răng
Chiều dày	5 + 0,002	5- 0,001/- 0,003
Lượng dư mài nghiền	0,2... 0,3 mm	
Hạt mài nghiền (kim cương)	60...100 µm	40...75 µm
Dung dịch mài nghiền	Nước	
Thời gian mài nghiền	khoảng 8 phút	khoảng 10 phút
Độ phẳng	1 µm	
Độ song song	2 µm	1,5 µm
Độ nhấp nhô	*Rz* = 0,6 µm	

Hình 3: Mài nghiền mặt phẳng song song chi tiết của một bơm bánh răng

Ở mài khôn phẳng còn gọi là **mài tinh**, thay vì đĩa mài nghiền người ta sử dụng đĩa làm việc (đĩa công tác, đĩa gia công) với tấm tròn bằng CBN (cubic boron nitride: Bor Nitrua với tinh thể lập phương) hay bằng kim cương ("viên/hòn") được dán vào (**Hình 1**). Do đó hình thành đĩa làm việc với khoảng trống lớn cho việc phun rửa với dầu khôn hay nước.

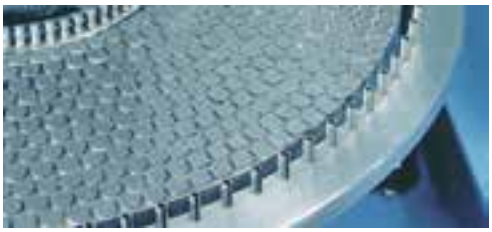
So với mài nghiền, việc mài mòn vật liệu ở khôn phẳng tăng lên đáng kể. Với lượng dư vật liệu từ 0,6... 0,8 mm có thể đạt kích thước với độ lệch ± 2 µm trong một phút. Độ song song đạt được ở mài khôn phẳng nằm trong khoảng 0,5... 2 µm và ở mài nghiền 0,2...1 µm.

Khôn phẳng (mài tinh) là phương pháp thay thế mài nghiền rất hiệu quả.
So sánh với mài thông thường thì ở đây việc loại bỏ vật liệu với tốc độ cắt thấp hơn và lực nén ít trên bề mặt tiếp xúc lớn.

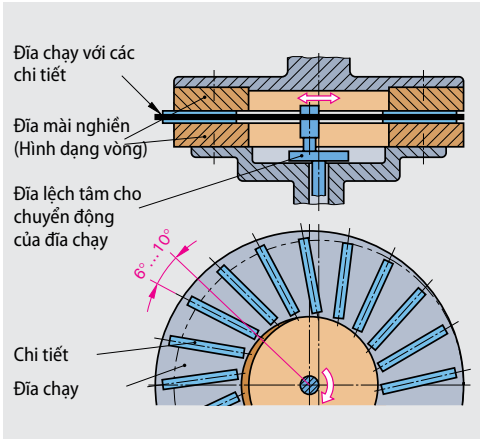
Mài nghiền tròn ngoài cũng thực hiện trên máy mài nghiền hai đĩa. Vị trí nghiêng (lệch) của chi tiết trong đĩa chạy dẫn đến một chuyển động lăn và chuyển động trượt giữa các đĩa mài nghiền (**Hình 2**). Để giữ độ phẳng của mình, những đĩa mài nghiền chạy quá trên toàn bộ bề mặt những chi tiết trong mỗi vòng quay của bánh lệch tâm (đĩa cam).

Đường tiếp xúc của chi tiết dẫn đến việc cải thiện độ phẳng, độ tròn đồng tâm và kích thước chính xác thí dụ như ở kim vòi phun, xy lanh kiểm tra hay pittông điều khiển thủy lực (**Hình 3**).

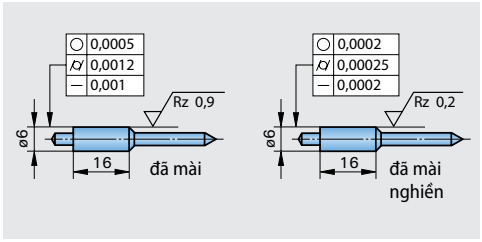
Ứng dụng của phương pháp mài nghiền luôn luôn được khuyến nghị khi chi tiết rất chính xác được gia công với bề mặt phẳng hay song song (**Hình 4**). Tất cả các vật liệu đều có thể sử dụng làm bột mài nghiền, thí dụ như thép, hợp kim cứng, nhôm, gốm và chất dẻo. Ảnh hưởng của vật liệu chỉ có thể nhận biết ở hiệu suất loại bỏ phoi và độ bóng bề mặt.



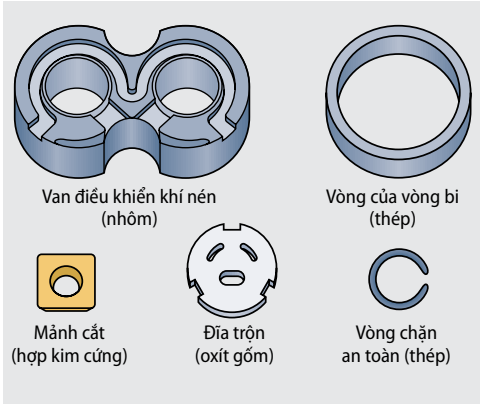
Hình 1: Mài khôn phẳng với "viên"



Hình 2: Mài nghiền tròn ngoài trên máy mài nghiền hai đĩa



Hình 3: Kim phun đã được gia công thô trước và kim phun đã mài nghiền



Hình 4: Chi tiết qua mài nghiền trên máy mài nghiền một đĩa và máy mài nghiền hai đĩa

Ôn tập và đào sâu

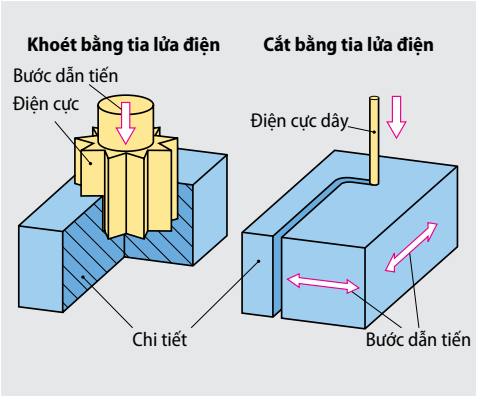
1 Đặc điểm nào của động cơ bị ảnh hưởng qua kích thước chính xác và độ nhấp nhô ở hành trình chạy của pittông?
2 Yêu cầu nào được thực hiện ở phương pháp gia công tinh?
3 Những lằn mặt võng trong gia công ở mài khôn được hình thành như thế nào?
4 Qua đâu mà độ phình thắt của ống trụ có thể sửa chữa ở mài hành trình dài?
5 Tác dụng nào xảy ra khi lực tiếp xúc cao trong quá trình mài nghiền?
6 Tại sao ở mài nghiền phải được đạt một sự loại bỏ đồng đều vật liệu của đĩa mài nghiền?

3.6.8 Xói mòn (ăn mòn) bằng tia lửa điện

Qua xói mòn bằng tia lửa điện (ăn xói mòn) có thể gia công tất cả các vật liệu dẫn điện không tùy thuộc vào độ cứng. Phương pháp này đặc biệt phù hợp cho sản xuất đơn lẻ của các chi tiết phức tạp như dạng rỗng, dạng lún (lã) hay lỗ thủng bằng thép tôi cứng hoặc hợp kim cứng.

Qua ăn mòn bằng tia lửa điện ta có thể gia công tất cả các vật liệu kim khí.

Người ta phân loại ăn mòn bởi tia lửa điện khoét (ăn xói mòn lún) và cắt bằng tia lửa điện (ăn xói mòn dây) (**Hình 1**).



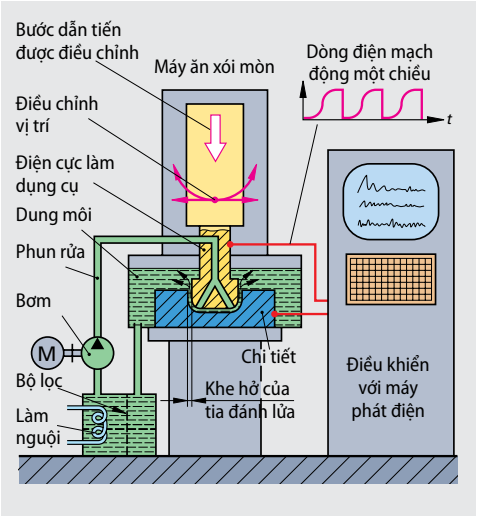
Hình 1: Phương pháp gia công bằng tia lửa điện (Ăn xói mòn)

3.6.8.1 Gia công khoét bằng tia lửa điện

Qua ăn mòn bằng tia lửa điện hình dạng chi tiết gia công được sản xuất qua một điện cực. Điện cực được tạo hình theo dạng đối xứng đã định trước của chi tiết (Hình 1 trang 191).

■ Cấu tạo một hệ thống thiết bị ăn xói mòn khoét

Hệ thống thiết bị ăn xói mòn thực sự gồm máy với bộ kiểm soát bước dẫn tiến và bộ kiểm soát vị trí. Một máy phát để sản xuất dòng phóng điện và một thùng với bơm, bộ lọc và hệ thống phun rửa cho điện môi (**Hình 2**). Chuyển động dẫn tiến được điều khiển bằng NC.



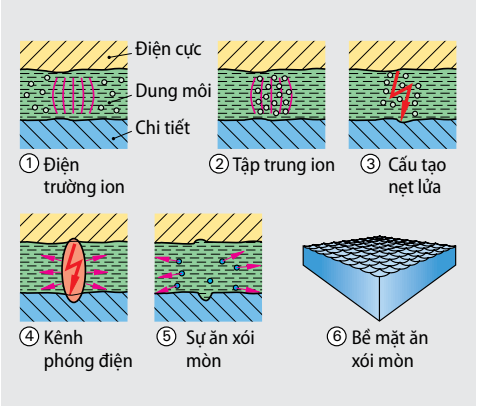
Hình 2: Cấu tạo một hệ thống ăn xói mòn khoét

■ Quá trình ăn xói mòn (Hình 3)

Cấu tạo của dòng điện. Chi tiết và điện cực được kết nối với một máy phát tạo ra dòng điện mạch động (tạo xung) một chiều từ 20 V đến 150 V. Điện cực làm dụng cụ được tiến đến gần chi tiết một khoảng cách nhỏ, gọi là khe hở tia lửa.

Quá trình phóng điện. Giữa điện cực và chi tiết là một chất lỏng không dẫn điện gọi là điện môi. Ở vị trí hẹp của khoảng hở tia lửa tích tụ dưới sự tác động của các ion điện trường và hạt nhỏ vật liệu. Sự tập trung này dẫn đến một sự bắn tia lửa điện. Dòng điện phóng tăng đến mức giá trị điều chỉnh cao nhất từ 0,5 A đến 8 A. Trong kênh chuyển tải phát sinh nhiệt đến 12000^{0}C dẫn đến làm chảy lỏng và bốc hơi hạt nhỏ vật liệu.

Sự ăn xói mòn. Ở cuối dòng xung điện làm sụp kênh phóng điện (kênh chuyển tải). Các hạt nhỏ vật liệu bị đẩy ra khỏi kênh chuyển tải. Mỗi tia lửa tạo ra một dạng vết lõm sâu. Hình dạng chi tiết là kết quả của các vết lõm sâu ấy. Ăn mòn cũng xảy ra ở điện cực.



Hình 3: Quá trình ăn xói mòn

■ Đại lượng (độ lớn) đặc trưng của điện

Máy phát tạo ra một chuỗi xung và tách xung (khoảng xung). Giá trị điện thế *U*, cường độ dòng điện *I*, độ rộng xung t_i và sự tách xung t_o đều điều chỉnh được và phần lớn được điều khiển qua một chương trình. Mỗi xung bao gồm thời gian cho việc tạo dựng kênh chuyển tải (kênh phóng điện) dưới sự tác động của điện thế đánh lửa và thời gian phóng điện thực sự (**Hình 1**). Cường độ dòng điện điều chỉnh càng cao và chiều dài xung tỷ lệ với sự tách xung càng lớn thì lượng xói mòn vật liệu càng lớn và độ chính xác hình dạng và độ bóng bề mặt thấp (**Hình 2**).

> Cường độ dòng điện cao hơn và xung dài hơn làm tăng lượng ăn xói mòn, giảm độ bóng bề mặt và độ chính xác hình dạng.

Độ chính xác của hình dạng và kích thước, độ bóng bề mặt và lượng loại bỏ vật liệu cũng như độ mòn điện cực được xác định cơ bản từ sự điều khiển của máy phát điện trong quá trình ăn mòn (**Hình 3**).

Việc thay đổi tinh thể ở lớp ngoài biên của chi tiết (**Hình 4**) sau khi công đoạn ăn xói mòn hoàn tất phải nhỏ sao cho chức năng và độ bền mài mòn của chi tiết không bị ảnh hưởng xấu.

■ Khe hở tia đánh lửa

Khe hở tia đánh lửa là toàn bộ khoảng cách giữa dụng cụ điện cực và chi tiết. Khe hở tia đánh lửa càng nhỏ thì độ chính xác tạo dạng càng cao. Tùy theo công suất của ăn mòn và độ bóng bề mặt của chi tiết, khe hở tia đánh lửa được chọn từ 0,03 đến 0,1 mm.

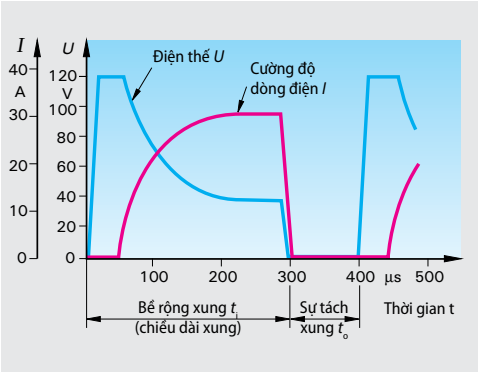
■ Điện môi

Điện môi được sử dụng là dầu khoáng hay hydrocácbon tổng hợp, trong phương pháp cắt ăn mòn bằng tia lửa điện cũng dùng nước khử muối (khử ion). Lượng vật liệu bị ăn mòn, các chất bị phân giải (phân hủy) và nhiệt phát sinh phải được dẫn qua dung dịch điện môi. Do đó điện môi cần phải được súc rửa sạch một cách tích cực, lọc, làm nguội và thường xuyên thay mới. Hơi nước phát sinh và sản phẩm phân hủy phải được hút ra ngoài cũng như quy định làm việc và phòng cháy chữa cháy phải được chấp hành nghiêm ngặt.

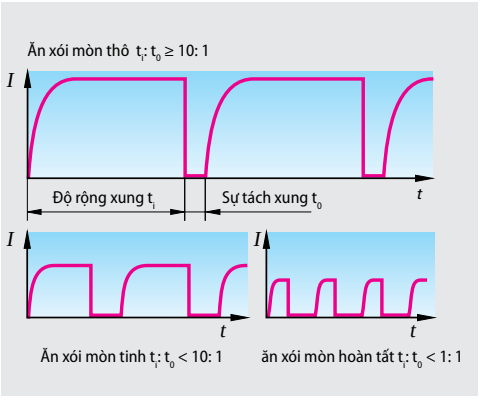
■ Công suất ăn (xói) mòn

Ở phương pháp khoét bằng ăn xói mòn, công suất loại bỏ vật liệu mỗi phút phụ thuộc phần lớn vào:

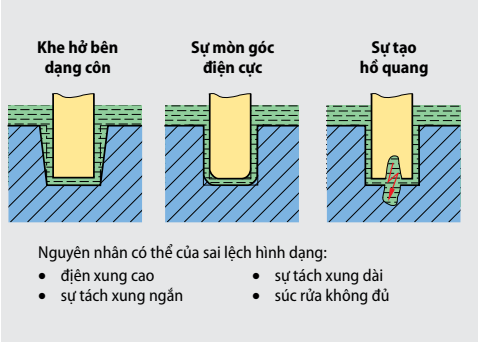
- Vật liệu chi tiết và vật liệu điện cực.
- Bề mặt (diện tích) tiết diện của điện cực.
- Quá trình ăn xói mòn thô và ăn xói mòn hoàn tất.



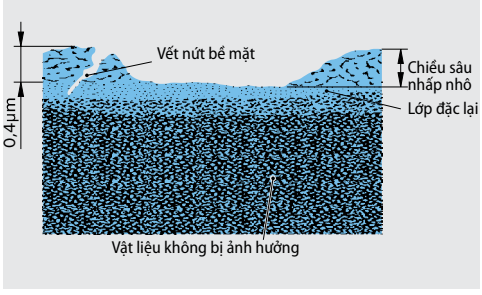
Hình 1: Quá trình phóng điện theo thời gian



Hình 2: Trị số điều chỉnh ở ăn mòn bằng tia lửa điện



Hình 3: Sai lệch hình dạng khi ăn mòn khoét



Hình 4: Thay đổi tinh thể ở bề mặt chi tiết ăn xói mòn

■ Điện cực

Kích thước. Kích cỡ khe hở tia lửa điện và độ ăn mòn của điện cực phải chú ý lúc sản xuất điện cực. Vì cường độ dòng điện và khe hở tia đánh lửa lúc ăn mòn hoàn tất được chọn nhỏ hơn ở ăn mòn thô, kích thước thiếu ở điện cực tinh cũng nhỏ hơn kích thước điện cực thô.

Vật liệu. Vật liệu điện cực phải dẫn điện và có độ nóng chảy cao cũng như điện trở nhỏ. Sử dụng phần lớn là graphít (than chì) (**Hình 1**), đồng (**Hình 2**), đồng wolfram và hợp kim đồng kẽm (**Bảng 1**).

Bảng 1: Vật liệu điện cực

Vật liệu điện cực	Đặc điểm của điện cực	Ứng dụng
Graphít	Dễ gia công qua phay tốc độ cao, ít mòn	Thép và thép không gỉ
Đồng	Gia công tốt, công suất ăn xói mòn cao, độ mòn trung bình	Thép và thép không gỉ
Đồng–Wolfram	Ít mòn ở hợp kim cứng	Thép dụng cụ hợp kim cứng
Dây thau	Mòn ở dây không đáng kể	Ăn xói mòn bằng dây

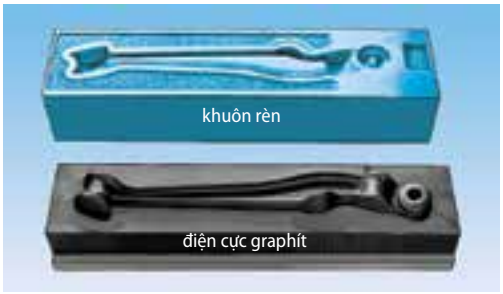
Chế tạo. Các điện cực được phay nguyên khối, đúc, ăn xói mòn bằng dây hoặc được ghép lại từng phần. Phôi điện cực được gia công trên hệ thống kẹp, nơi mà sau đó điện cực được tiếp nhận ở máy ăn xói mòn.

■ Phương pháp ăn xói mòn khoét (ăn xói mòn thủng)

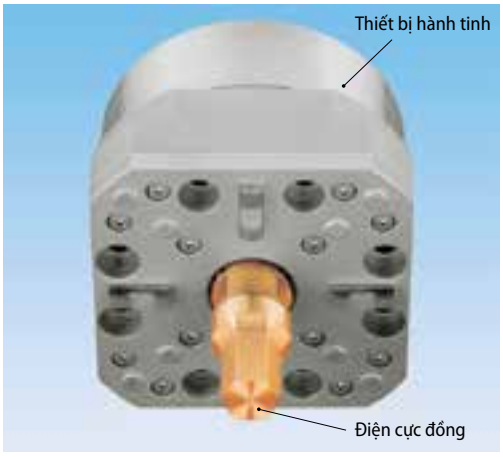
Xói mòn khoét trục đơn. Điện cực chỉ dịch chuyển ở chiều của bước dẫn tiến (Hình 1 trang 189).

Xói mòn hành tinh. Trong quá trình gia công, các điện cực được dịch chuyển trệch ra ngoài theo trục X và trục Y qua thiết bị hành tinh. Chuyển động này có thể xảy ra với bước dẫn tiến ở trục Z hay không (**Hình 3**). Trong xói mòn hành tinh có thể ăn xói mòn thô và ăn xói mòn tinh với cùng một điện cực và chỉnh sửa kích thước ăn xói mòn cuối cùng.

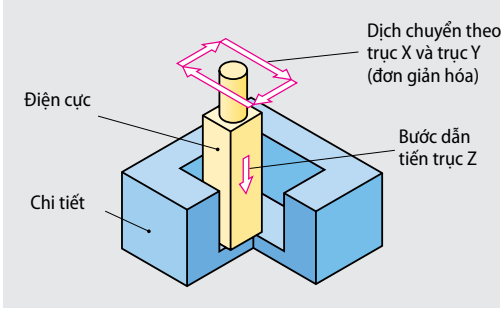
Xói mòn được điều khiển theo quỹ đạo. Sự dịch chuyển của điện cực cũng như của bàn kẹp ở trục X, trục Y và trục Z được tính trước bởi chương trình điều khiển NC. Như thế có thể ăn xói mòn mặt cắt, được thu hẹp hoặc mở rộng theo chiều xuống dưới. Thường cũng có một trục điều khiển C để xử lý thí dụ như tạo khả năng ăn xói mòn rãnh dạng xoắn ốc (**Hình 4**).



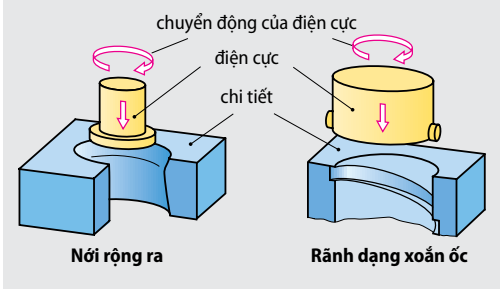
Hình 1: Điện cực graphít với khuôn rèn được ăn xói mòn



Hình 2: Điện cực đồng trong một thiết bị ăn xói mòn hành tinh



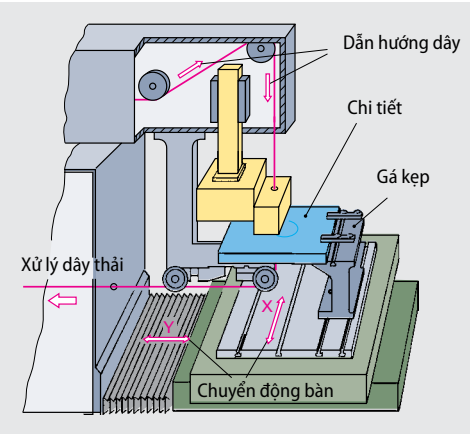
Hình 3: Xói mòn hành tinh của một tứ giác trong



Hình 4: Điều khiển đường quỹ đạo ăn xói mòn

3.6.8.2 Cắt bằng tia lửa điện (ăn xói mòn bằng dây cắt)

Trong phương pháp ăn xói mòn bằng dây dụng cụ điện cực là một sợi dây thau chạy. Cũng như trong ăn xói mòn khoét, việc ăn mòn được thực hiện qua sự phóng điện giữa dây và chi tiết. Phương pháp ăn xói mòn bằng dây cắt đòi hỏi những máy móc đặc biệt (**Hình 1**).



Hình 1: Máy gia công cắt dây bằng tia lửa điện

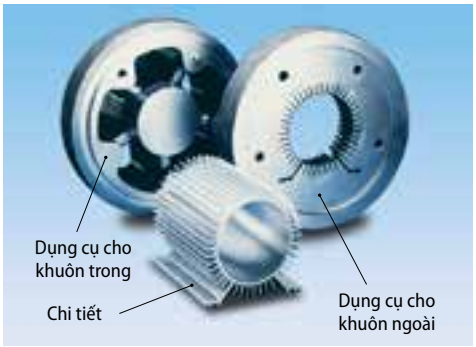
■ Quá trình cắt

Dây có bề dày từ 0,1 mm đến 0,3 mm được quấn căng vào một cái lõi và từ đó kéo qua chi tiết rồi xử lý sau đó. Các dẫn hướng dây ở trên và ở dưới của chi tiết giúp sợi dây triệt rung và đảm bảo một đường cắt thẳng.

Chi tiết được cắt trong điện môi. Chất này thường là nước khử muối.

Quy trình ăn xói mòn bắt đầu từ một lỗ mồi được gia công qua khoan hay ăn xói mòn khoét trước đó. Sợi dây phải được xỏ qua lỗ này.

Với điều khiển bằng kỹ thuật số của chuyển động bàn và vị trí nghiêng của dây qua dịch chuyển lệch hướng người ta sản xuất nhiều loại hình dạng trong và ngoài khác nhau (**Hình 2**) thí dụ như tấm cắt, tấm dẫn hướng và chày cắt trong một dụng cụ cắt (trang 105) với cùng một chương trình NC.



Hình 2: Dụng cụ ép đùn chế tạo bởi cắt dây bằng tia lửa điện

■ Kẹp chi tiết

Gá và hệ thống gá đặc biệt được sử dụng để kẹp chi tiết. Các gá được thiết kế sao cho quá trình ăn xói mòn trong toàn bộ phạm vi làm việc không bị cản trở (Hình 1).

Ưu điểm và nhược điểm của khoét và cắt bằng tia lửa điện

Ưu điểm:

- Gia công khoét, lỗ thủng, làm ren các thép đã tôi cứng và hợp kim cứng
- Cũng có thể gia công các hình dạng trong rất khó với bán kính nhỏ, kích thước và hình dạng với độ chính xác cao
- Bề mặt gia công đồng đều, tuy nhiên độ bóng bề mặt không cao lắm.

Nhược điểm:

- Công suất loại bỏ vật liệu thấp trong ăn xói mòn hoàn tất
- Sai lệch kích thước và hình dạng qua điện cực mòn
- Chi phí cho máy (thiết bị) cao
- Tinh thể thay đổi ở lớp vùng biên qua nhiệt độ cao trong lúc ăn xói mòn

Ôn tập và đào sâu

1 Vật liệu nào có thể gia công được qua tia lửa điện?

2 Ăn xói mòn khoét có ưu điểm gì đối với phay?

3 Độ chính xác của hình dạng và kích thước ở ăn xói mòn khoét tùy thuộc vào đâu?

4 Vật liệu điện cực nào được dùng cho ăn xói mòn khoét cũng như ăn xói mòn dây?

5 Qua đâu người ta phân biệt ăn xói mòn khoét và ăn xói mòn dây?

3.6.9 Đồ gá và cơ cấu kẹp ở máy công cụ

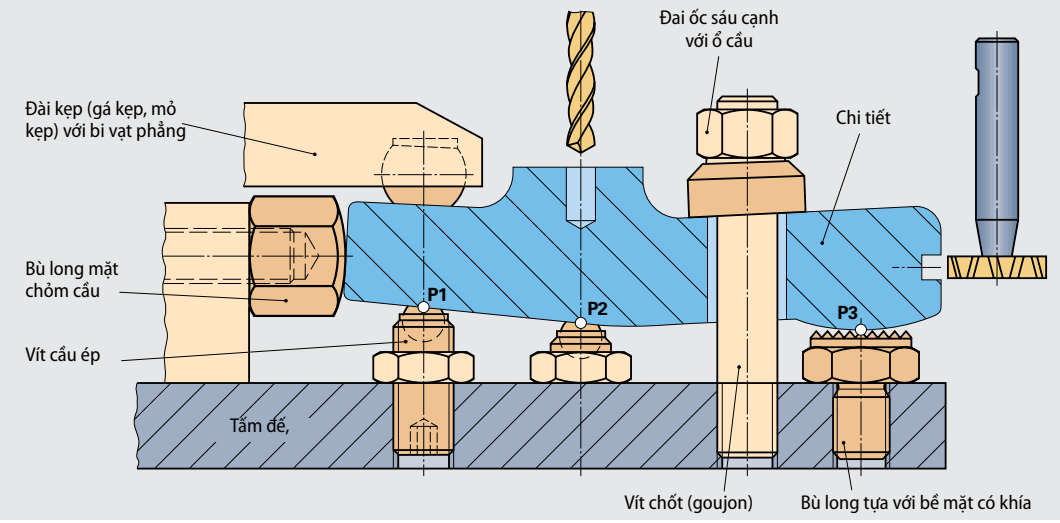
Các phương pháp gia công cắt gọt định hình ở máy công cụ được sử dụng chủ yếu để sản xuất những chi tiết kim loại. Chúng được nhận biết qua những chuyển động nhất định, thông số cắt gọt và hệ thống kẹp như đồ gá và các cơ cấu kẹp đa dạng.

3.6.9.1 Các yêu cầu chung

Với đồ gá chi tiết gia công được kẹp giữ chặt ở một vị trí xác định chính xác, lặp lại một cách rõ ràng (**Hình 1**). Các đồ gá cũng được dùng để kiểm tra các chi tiết sau khi sản xuất hoặc xác định vị trí lắp ráp của chi tiết và cụm chi tiết.

Việc sử dụng đồ gá đem đến ưu điểm sau:

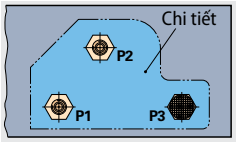
- Rút ngắn thời gian sản xuất
- Cải thiện sự lặp lại chính xác
- Nhiều chi tiết không thể gia công được nếu không có đồ gá.
- Giảm thời gian phụ cho chỉnh sửa và kẹp
- Loại bỏ công việc phụ như lấy mực và đóng dấu (đóng poăng tô)



Hình 1: Đồ gá kẹp

Đế ba điểm

Chi tiết thô (Hình 1) được kẹp chặt trên ba điểm không thẳng hàng (**Hình 2**). Khoảng cách giữa các điểm tựa với nhau từ điểm này qua điểm khác nên càng xa càng tốt. Qua đế ba điểm chi tiết bị bắt buộc nằm chắc chắn ở mỗi điểm. Phía bên cạnh của chi tiết được định vị thí dụ như qua mặt tựa hình cầu.



Hình 2: Đế tựa ba điểm

Yêu cầu của đồ gá kẹp ở máy công cụ

- Kẹp an toàn chi tiết
- Trong quá trình kẹp, chi tiết bị biến dạng càng ít càng tốt
- Kẹp với độ chính xác lặp lại cao
- Thay đổi dễ dàng các cơ cấu kẹp
- Chi tiết kẹp đa dạng và có khả năng sử dụng lại
- Thao tác đơn giản, nhanh và an toàn
- Chi phí đồ gá càng thấp càng tốt

Cơ cấu kẹp cung cấp lực kẹp cơ, thủy lực, khí nén hay nam châm.

3.6.9.2 Cơ cấu kẹp cơ khí

Lực kẹp của cơ cấu kẹp cơ khí được đem lại qua bu long, ốc vít, đòn bẩy, vòng cung siết hay bánh lệch tâm (đĩa cam).

Ưu điểm:	Nhược điểm:
• Lực kẹp lớn • Được giữ lại nhờ ma sát của cơ cấu kẹp	• Tốn hao thời gian kẹp • Lực kẹp không đều, nguy cơ ứng lực căng

■ Bù long kẹp, mỏ kẹp và đế kẹp

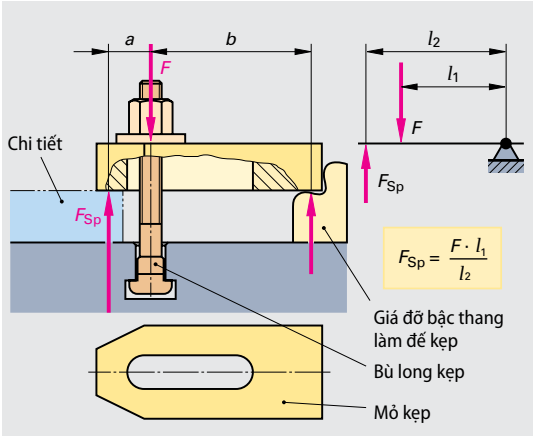
Chi tiết thường được kẹp trên bàn máy với bù long rãnh đầu T, đai ốc siết, mỏ kẹp và đế siết (**Hình 1**).

Mỏ kẹp tác động như đòn bẩy một bên (Hình 1). Bù long kẹp càng nằm gần chi tiết thì lực kẹp càng lớn. Mỏ kẹp nên đặt làm sao để cho khoảng cách a nhỏ như có thể.

Thí dụ: Lực kẹp F_{Sp} là bao nhiêu khi $F = 4{,}6$ kN, $l_1 = 60$ mm và $l_2 = 95$ mm (Hình 1)?

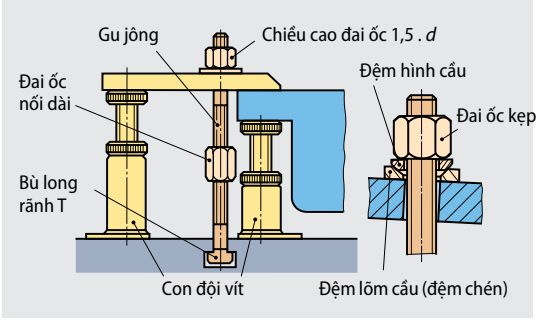
Giải: $$F_{Sp} = \frac{F \cdot l_1}{l_2} = \frac{4{,}6\ \text{kN} \cdot 60\ \text{mm}}{95\ \text{mm}} = \mathbf{2{,}9\ kN}$$

Ở mỏ kẹp, bù long kẹp phải đặt càng gần chi tiết càng tốt.



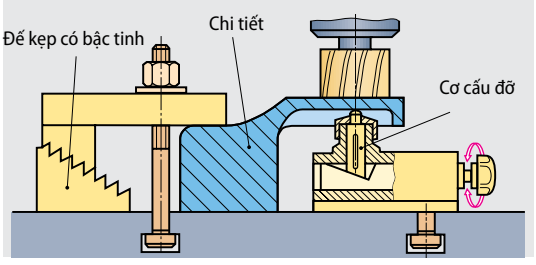
Hình 1: Mỏ kẹp

Vì ứng suất lớn nên bề cao của đai ốc vào khoảng 1,5 lần đường kính ren (**Hình 2**). Một miếng đệm đã tôi cứng được lót giữa mỏ kẹp và đai ốc kẹp. Vị trí nghiêng giữa mỏ kẹp và chi tiết được cân bằng qua đệm hình cầu và đệm lõm côn. Với các con đội vít ta có thể điều chỉnh vô cấp chiều cao (Hình 2).



Hình 2: Đế kẹp điều chỉnh được

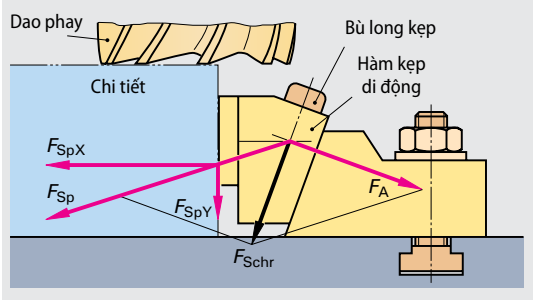
Chi tiết chỉnh và chi tiết đỡ được dùng để chỉnh thẳng hoặc đỡ chi tiết (**Hình 3**). Chi tiết nặng được chỉnh qua con nêm chỉnh đưa vị trí của nó đến dụng cụ. Các cơ phận đỡ (bộ phận đỡ, phần tử đỡ, chi tiết đỡ) được đặt dưới chi tiết có thành mỏng để các chi tiết không bị bẻ cong trong lúc gia công.



Hình 3: Cơ cấu đỡ và cơ cấu chỉnh

■ Kẹp phẳng

Với kẹp phẳng hay kẹp sâu, chi tiết phẳng được kẹp sao cho dụng cụ khi gia công không bị cản trở (**Hình 4**). Qua vị trí nghiêng của bù long kẹp, khi kẹp chi tiết được ép chặt vào mặt tựa và vào bàn máy cùng một lúc.



Hình 4: Kẹp phẳng

■ Kẹp đòn bẩy khuỷu và kẹp lệch tâm (kẹp cam)

Kẹp đòn bẩy khuỷu và kẹp lệch tâm được sử dụng chủ yếu ở đồ gá và được bắt chặt bằng vít.

Đặc trưng của kẹp đòn bẩy khuỷu và kẹp lệch tâm

- Kẹp nhanh và xả kẹp nhanh cơ cấu kẹp
- Cơ cấu kẹp tự hãm
- Lực kẹp ít hơn so với kẹp bằng bù long (vít)

Một chi tiết kẹp theo nguyên tắc đòn bẩy khuỷu (**Hình 1**) đạt lực kẹp lớn nhất khi ba khớp A, B, C bung thẳng hàng. Từ vị trí này đòn bẩy khuỷu không thể đẩy trở về bởi một lực đối. Vượt qua vị trí duỗi này là một sự kẹp đảm bảo an toàn. Nó tự hãm lại nhờ ma sát.

Kẹp đòn bẩy khuỷu tác động tự kẹp giữ sau khi vượt qua đường bung *(đường chuẩn, đường xuyên trục)*.

Kẹp nhanh hoạt động theo nguyên tắc đòn bẩy khuỷu (**Hình 2**). Nó đảm bảo kẹp và định vị nhanh ít hao tốn lực, do đó thường được sử dụng cho gá hàn, gá khoan hoặc gá kiểm tra nơi không cần lực kẹp cao.

Kẹp lệch tâm (**kẹp cam**) lực kẹp được tạo ra bởi bánh lệch tâm tự hãm (**Hình 3**).

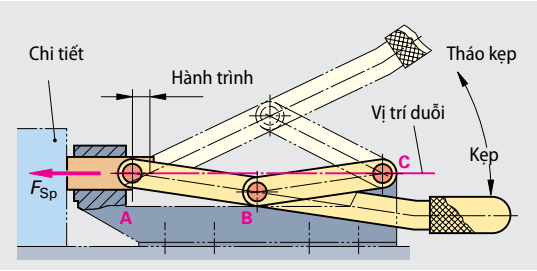
Ở đĩa lệch tâm, tâm điểm M1 của đường cung kẹp nằm ngoài (lệch tâm) tâm điểm quay M2. Đĩa kẹp lệch tâm không nên sử dụng khi gia công có dao động (rung) mạnh xuất hiện vì qua đó nó có thể tự tháo ra bởi rung động. Do vậy đĩa kẹp lệch tâm không phù hợp để sử dụng cho đồ gá phay.

■ Mặt đế tự lựa (Mặt đế tự chỉnh)

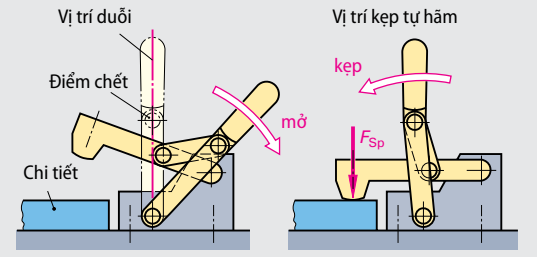
Chi tiết, thí dụ như phôi gang, thường phải kẹp ở các mặt không gia công. Vì các mặt này không chính xác bằng phẳng và thường nghiêng nhẹ, chi tiết có thể biến dạng do kẹp không thích hợp (**Hình 4**).

Để ngăn ngừa sự biến dạng lúc kẹp, cơ cấu kẹp có thể phải điều chỉnh bề mặt nghiêng. Yêu cầu này phù hợp với mặt đế tự lựa (**Hình 5**).

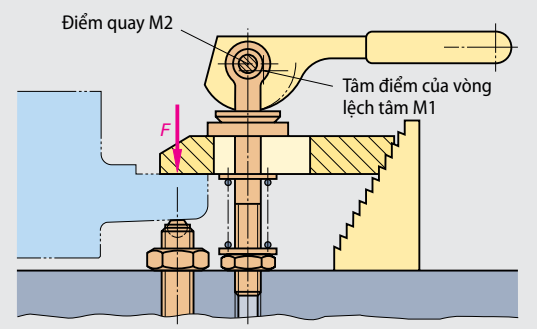
Mặt đế tự lựa thích ứng với hình dáng của chi tiết. Với nó chi tiết có thể kẹp mà không làm hỏng bề mặt.



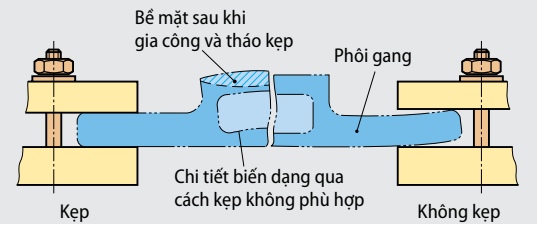
Hình 1: Kẹp đòn bẩy khuỷu



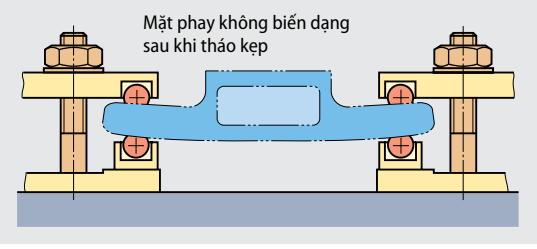
Hình 2: Kẹp nhanh



Hình 3: Bánh kẹp lệch tâm



Hình 4: Kẹp với mặt đế không tự lựa



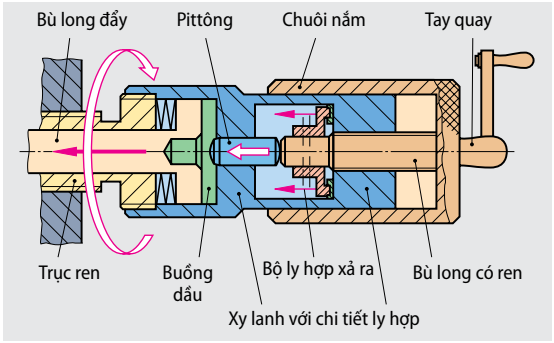
Hình 5: Mặt đế tự lựa

■ Ê tô máy

Ê tô máy sử dụng để kẹp chi tiết vừa và nhỏ với dạng thích hợp cho sản xuất đơn lẻ và loạt nhỏ (**Hình 1**). Thao tác kẹp siết được thực hiện bằng cơ hay thủy lực. Trong điều khiển (dẫn động) bằng cơ nhờ vào một tay quay lực kẹp (cơ) được khuếch đại hay bằng thủy lực qua một bộ phận gọi là trục thủy lực cao áp (Ben thủy lực) (**Hình 2**).

Hình 1: Ê tô máy (Mỏ cặp máy)

Ê tô máy cao áp (**mỏ cặp máy áp lực cao**) làm việc với lực kẹp ban đầu để quân bình độ cong của cơ cấu kẹp hay cũng của chi tiết và qua đó có thể tránh mất đi một lực kẹp. Vì vậy tay quay của trục cao áp cơ-thủy lực (Hình 2) được tuột ra sau khi đạt lực kẹp điều chỉnh ban đầu. Pittông chỉ được truyền động qua chuôi nắm trong buồng dầu và tạo ra lực kẹp tương ứng qua áp suất dư phát sinh.

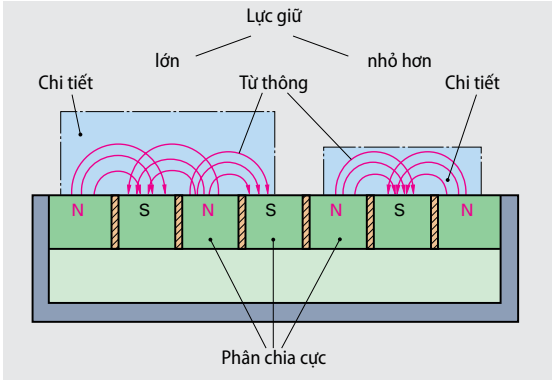


Hình 2: Trục cao áp

Việc vận hành cũng có thể được thực hiện bằng thủy lực - thủy lực kết hợp với máy thủy lực. Việc điều khiển được thực hiện bằng ngắt tay hay ngắt chân hay qua xung điện của bộ điều khiển thiết bị.

3.6.9.3 Kẹp từ

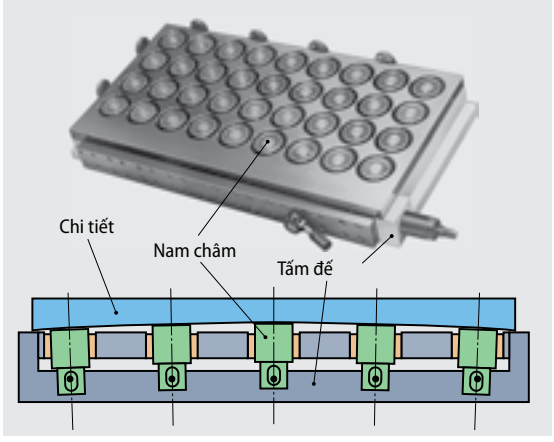
Tấm kẹp từ (Bàn kẹp, mâm kẹp) chỉ kẹp được vật liệu có sắt từ (có khả năng từ hóa). Các đường lực (từ thông) đi qua chi tiết kẹp và giữ chặt nó trong từ trường (**Hình 3**).



Hình 3: Kẹp từ

Tấm kẹp nam châm vĩnh cửu điều khiển bằng điện chuyển đổi từ kẹp sang xả kẹp chỉ với một dòng xung điện ngắn. Để tạo ra lực ép thí dụ như lõi nam châm vĩnh cửu được từ hóa qua từ trường của cuộn dây điện. Trong lúc gia công chi tiết được giữ chặt qua nam châm vĩnh cửu. Tấm kẹp không có điện và không nóng, do vậy cho kết quả gia công chính xác cao.

Để chi tiết không phẳng và cong kẹp không bị biến dạng người ta sử dụng tấm kẹp từ với cực từ động (**Hình 4**).



Hình 4: Kẹp với cực từ động

> Qua kẹp bằng từ chi tiết được kẹp nhanh, an toàn và ít méo. Có thể gia công được năm mặt không bị cản trở qua cơ cấu kẹp.

Chi tiết nhiễm từ sau khi kẹp phải được khử từ.

3.6.9.4 Kẹp thủy lực

Hệ thống kẹp thủy lực có các ưu điểm sau:

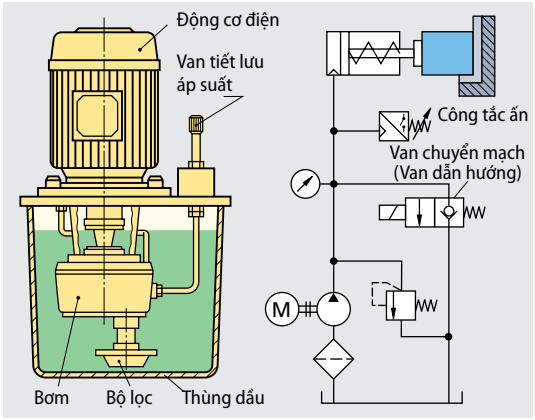
- Lực kẹp cao trong không gian hẹp
- Sử dụng linh hoạt
- Tạo dựng nhanh lực kẹp
- Độ bền vững cao của phương tiện kẹp
- Điều chỉnh và thay đổi lực kẹp qua điều khiển trên máy (gia công thô và gia công tinh)
- Lực kẹp đồng đều ở các vị trí kẹp làm giảm sai lệch hình dạng ở chi tiết

Hệ thống kẹp thủy lực gồm bộ phận tạo áp suất, van điều khiển và xy lanh kẹp. Phục vụ cho tạo áp suất là các bơm tay, bộ xử lý (trợ lực) áp suất khí-thủy lực và tổ hợp bơm điện - thủy lực.

Bơm tay được sử dụng trong kỹ thuật lắp ráp, nơi thiếu khí nén hay thiếu điện lưới.

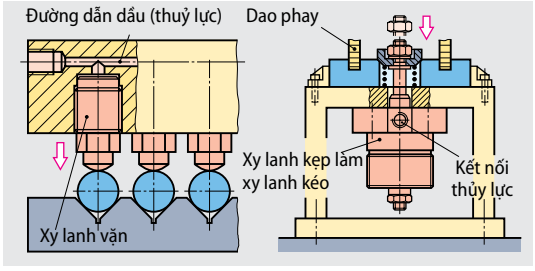
Bộ phận chuyển đổi áp suất khí-thủy lực chuyển đổi áp suất làm việc thấp ở hệ thống khí nén thành một lực kẹp thủy lực cao (trang 506).

Tổ hợp bơm điện thủy lực là trang bị chủ yếu cho thiết bị kẹp thủy lực ở máy công cụ (**Hình 1**). Nó gồm có thùng dầu, động cơ điện với bơm thủy lực, van điều tiết áp suất, rờle áp suất, van chuyển mạch (van dẫn hướng) và đồng hồ chỉ áp suất.



Hình 1: Tổ hợp bơm điện-thủy lực

Xy lanh kẹp thủy lực có thể thí dụ như là xy lanh trục vít được vặn vào gá hay xy lanh kéo vặn ngoài gá (**Hình 2**).

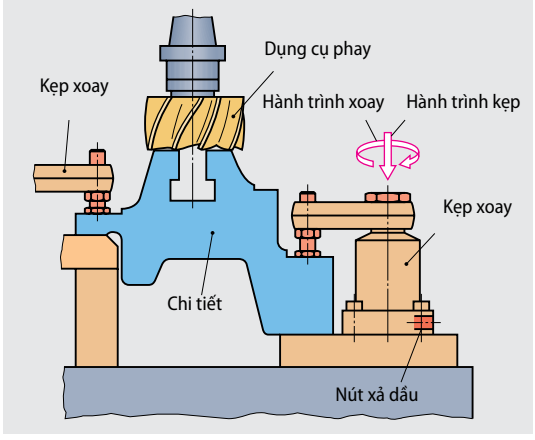


Hình 2: Xy lanh kẹp thủy lực

Ở **kẹp xoay** chi tiết có thể đặt vào từ phía trên (**Hình 3**). Lúc kẹp hay lúc xả kẹp một phần của toàn bộ hành trình phục vụ để xoay pittông và qua đó đài kẹp. Chi tiết được kẹp qua hành trình kẹp tiếp nối.

Kẹp xoay được sử dụng nơi điểm kẹp phải trống lúc đặt chi tiết vào và lúc lấy chi tiết ra.

Phương tiện kẹp thủy lực làm giảm thời gian phụ một cách đáng kể và vì thế thường được sử dụng trong sản xuất hàng loạt.



Hình 3: Kẹp xoay

3.6.9.5 Kẹp khí nén

Xy lanh kẹp khí nén thích ứng cho chuyển động đóng mở nhanh của gá kẹp. Vì tính chịu nén của không khí nên phần lớn kẹp khí nén được kết hợp với đòn bẩy khuỷu tự hãm. Qua việc sử dụng bộ xử lý (trợ lực) áp lực không khí/dầu, khí nén của thiết bị thí dụ như 6 bar có thể chuyển đổi thành áp suất dầu lên đến 500 bar.

Hệ thống Câu lạc bộ phần mềm lớn nhất Việt Nam

CÂU LẠC BỘ AUTOCAD:https://www.facebook.com/groups/1591463481165256
CÂU LẠC BỘ SOLIDWORKS:https://www.facebook.com/groups/477688802421308
CÂU LẠC BỘ NX: https://www.facebook.com/groups/1669604763304732
CÂU LẠC BỘ INVENTOR:https://www.facebook.com/groups/967091543406123
CÂU LẠC BỘ MASTERCAM:https://www.facebook.com/groups/357857981247179
CÂU LẠC BỘ CATIA: https://www.facebook.com/groups/228562540845870
CÂU LẠC BỘ CREO:https://www.facebook.com/groups/1627970117220070
Hội Lập Trình Viên Việt Nam :https://www.facebook.com/groups/1967416796880273
Cộng Đồng Hỏi Đáp Lập Trình C C++ C# JAVA PHP
PYTHON... https://www.facebook.com/groups/hocngonngulaptrinh/
CÂU LẠC BỘ IT: https://www.facebook.com/groups/668020220045017
TÀNG KINH SÁCH: https://www.facebook.com/groups/330210380784272
Câu Lạc Bộ Phần Mềm : https://www.facebook.com/243173442871817
Câu Lạc Bộ Đào Tạo Phần Mềm : https://www.facebook.com/1315339938541536
CÂU LẠC BỘ CIMATRON:https://www.facebook.com/groups/370536886678290
CÂU LẠC BỘ MATLAB MAPLE MATHEMATICA:https://www.facebook.com/groups/229790647380926
CÂU LẠC BỘ ANSYS:https://www.facebook.com/groups/248115705533684
CÂU LẠC BỘ ĐỒ HỌA:https://www.facebook.com/groups/1587980448179878
CÂU LẠC BỘ ALTIUM PROTEUS EPLAN ORCAD AUTOMATION
STUDIO:https://www.facebook.com/groups/1094824240581840
CÂU LẠC BỘ PLC TIA PORTAL WINCC:https://www.facebook.com/groups/791673107635100
CLB LẬP TRÌNH https://www.facebook.com/354642474989599
CLB CAD CAM KHUÔN https://www.facebook.com/140758746545386
Kỹ Thuật Cơ Khí https://www.facebook.com/1751222525171166
PHẦN MỀM 2D 3D https://www.facebook.com/1954099491487381
CLB CAD https://www.facebook.com/groups/clbcad/
CLB CAE https://www.facebook.com/groups/clbcae/
CLB CAM CNC https://www.facebook.com/groups/clbcam.cnc
CLB KHUÔN https://www.facebook.com/groups/clbkhuon/
CÂU LẠC BỘ 3DS MAX REVIT SKETCHUP https://www.facebook.com/groups/466416127085206
CÂU LẠC BỘ PHOTOSHOP https://www.facebook.com/groups/CAULACBOPHOTOSHOP/
CÂU LẠC BỘ AFTER AFFECT https://www.facebook.com/groups/CAULACBOAFFTER.AFFECT/
CÂU LẠC BỘ PLC https://www.facebook.com/groups/caulacboplc/
Unigraphics NX https://www.facebook.com/NX.CLUB.LVD/

Hệ thống trong ❤️ tôi

🌏 Cơ sở 1 - ĐH Bách khoa HN.

🌏 Cơ sở 2 - ĐH Công nghiệp HN.

Các bạn muốn học phần mềm gì thì Liên hệ: anh Lê Văn Đức (chủ nhiệm Câu lạc bộ phần mềm)

Sđt/Zalo : 0366 030 217 : Lê Văn Đức

Facebook/Skype : Levanduc Lvd

Kết hợp với xy lanh kẹp thủy lực như vậy có thể đạt được những lực kẹp cao ở tốc độ làm việc nhanh. Bộ trợ lực thích hợp cho kẹp chi tiết, cho vận hành dập và dập khuôn và ở thiết bị lắp ráp. Sự cung cấp năng lượng với khí nén cho phép sử dụng trong môi trường nguy hiểm dễ nổ.

3.6.9.6 Hệ thống tổ hợp (modul) đồ gá

Hệ thống đồ gá tổ hợp (khối kết cấu gá) bao gồm các cấu kiện phù hợp và kết nối được với nhau. Các thành phần này gồm thí dụ như tấm đế, ê ke, các cấu kiện cho lắp ráp, định vị, đỡ, kẹp và kết nối được thiết lập với nhau bằng những kết nối có thể tháo ra (**Hình 1**). Nó thích hợp đặc biệt cho việc sản xuất linh hoạt.

Sau khi dùng xong các gá được tháo ra. Để sau này có thể được sử dụng lại trong cùng một cách, trước khi tháo người ta lập một hồ sơ của gá với các tài liệu sau:

- Hình ảnh của gá, trong đó ghi vào các kích thước cốt yếu.
- Bản vẽ của các chi tiết lệ thuộc.
- Lên danh sách tất cả các bộ phận sử dụng.

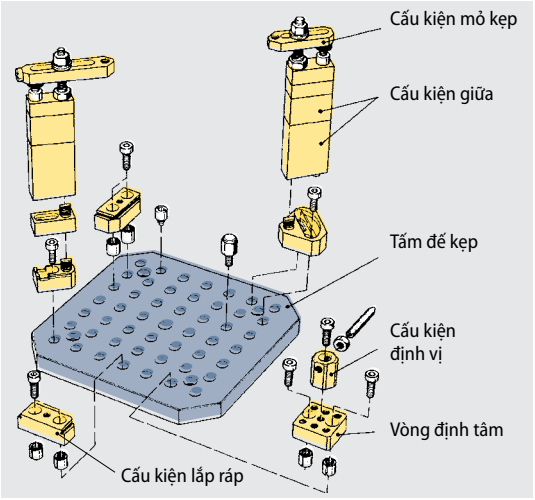
Hệ thống gá tổ hợp có thể đơn giản và nhanh chóng thích nghi với thay đổi hình dạng chi tiết. Do đó nó được sử dụng rất linh hoạt và cũng phù hợp cho sản xuất loạt vừa và loạt nhỏ trên máy NC và trung tâm gia công.

■ Dạng kết cấu

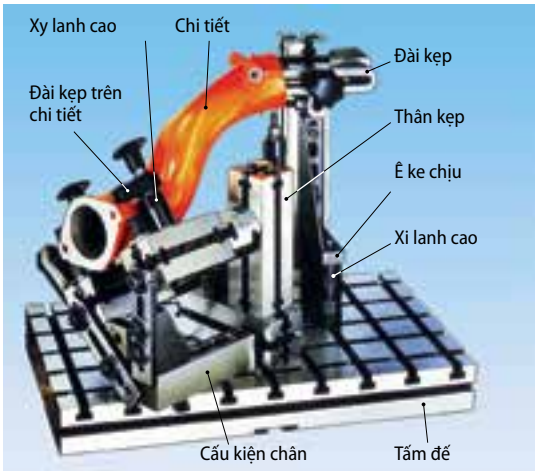
Ở hệ thống tổ hợp đồ gá người ta phân biệt **hệ thống rãnh** và **hệ thống lỗ**.

Ở **hệ thống rãnh** gồm tấm đế và từng cấu kiện lắp ráp đều có rãnh T (**Hình 2**). Sự kết nối của những cấu kiện được thực hiện qua các đệm hình T được đẩy vào rãnh. Qua đó ta có kết nối chắc theo hai hướng: hướng ngang và hướng thẳng góc theo chiều dọc trục của rãnh. Khi lắp ráp gá, các cấu kiện lắp ráp có thể di chuyển bất kỳ theo hướng dọc trục của rãnh. Nhờ đó người ta có thể tạo được sự thích ứng tốt cho dạng hình học của chi tiết và có thể điều chỉnh liên tục. Tuy nhiên việc chế tạo các bộ phận này phức tạp hơn ở hệ thống lỗ.

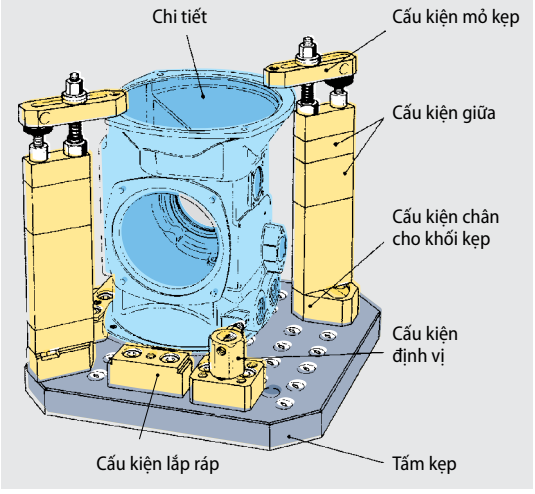
Ở **hệ thống lỗ** các cấu kiện đơn được kết nối với nhau qua các chốt định vị và các vít (**Hình 3**). Các lỗ định vị của tấm đế ở trên lỗ ven răng (**Hình 1 trang 199**) hoặc nằm bên cạnh lỗ ven răng (**Hình 2 trang 199**).



Hình 1: Cấu kiện của một khối kết cấu đồ gá

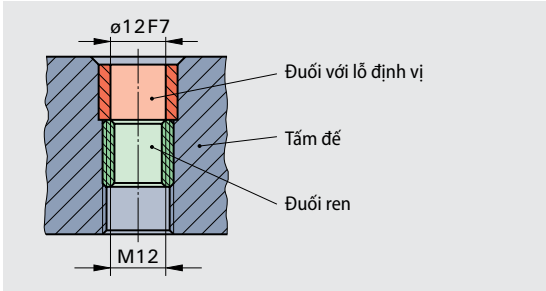


Hình 2: Hệ thống rãnh



Hình 3: Hệ thống lỗ

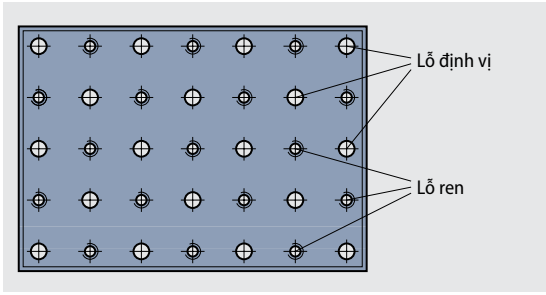
Ở hệ thống theo **Hình 1** có nhiều lỗ kẹp chặt và lỗ định vị để sử dụng vì từng lỗ có thể được sử dụng để định vị **và** để kẹp. Ở hệ thống theo **Hình 2** là những vỉ (lưới) thô hơn có lỗ. Hệ thống lỗ có lực truyền động dạng kết nối cứng trong tất cả các hướng. Nó có độ chính xác lặp lại cho việc định vị rất tốt. Khả năng kẹp chặt tùy theo kích thước khoảng cách lỗ ở vỉ để ta có thể định vị không chỉ riêng với tấm đế. Lỗ vỉ có thể giảm được phân nửa qua việc sử dụng các cơ phận lắp ráp.



Hình 1: Lỗ định vị trong lỗ ren

■ Hỗ trợ lập kế hoạch với trợ giúp của máy tính

Cho việc thiết kế hệ thống đồ gá tổ hợp với hệ thống CAD, các thư viện chi tiết của hệ thống CAD có thể chứa tất cả thông tin về những chi tiết hệ thống có sẵn. Điều này làm đơn giản một cách đáng kể việc thiết kế mới, các tài liệu hồ sơ cho sự tái tạo lại sau này cũng như bản mẫu cho thiết kế tương tự.



Hình 2: Lỗ định vị cạnh lỗ ren

■ Các tính năng của bộ kết cấu gá

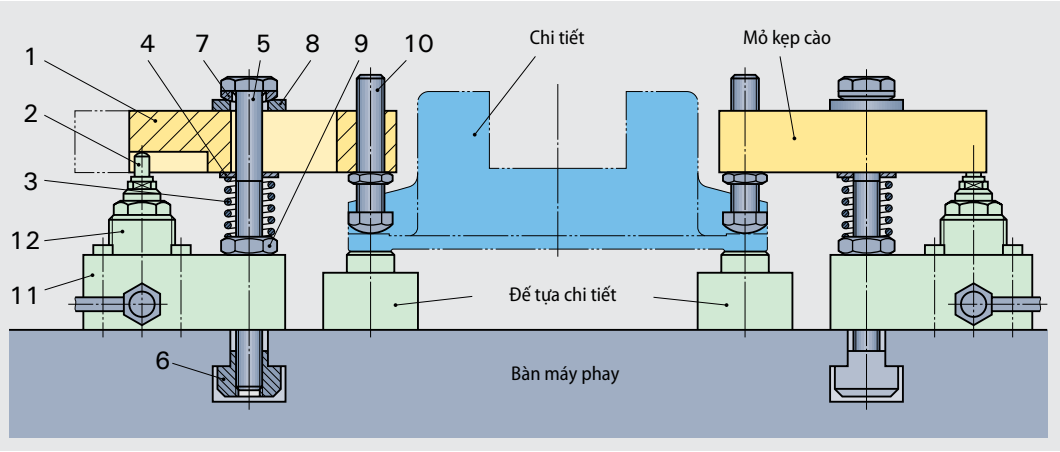
Hệ thống rãnh	Hệ thống lỗ
• Tấm đế dày hơn so với hệ thống lỗ, bởi nó bị yếu đi vì rãnh. • Việc truyền lực ngang và thẳng góc với hướng rãnh có dạng kết nối cứng, dọc theo hướng rãnh có dạng lực ma sát. • Cấu kiện (chi tiết) theo hướng dọc rãnh có thể định vị bất kỳ nơi nào. • Đa dạng hóa cấu kiện được gia công. • Ở hướng dọc rãnh chi tiết (cấu kiện) có nguy cơ bị đẩy (chuyển động). • Phương pháp sản xuất phức tạp hơn.	• Tấm đế chắc chắn hơn ở hệ thống lỗ. • Việc truyền lực có dạng kết nối cứng ở tất cả các hướng. • Vị trí chi tiết lệ thuộc vào kích thước khoảng cách lỗ ở vỉ. • Nối ghép tùy ý các cấu kiện (chi tiết) vào nhau mà không cần lắp ráp thành cụm (trước) vì các lỗ có thể tiếp cận được từ phía trên. • Độ chính xác lặp lại cao khi định vị chi tiết. • Không thể định vị được chi tiết riêng rẽ với tấm đế • Chế tạo đơn giản.

Ôn tập và đào sâu

1. Sử dụng đồ gá trong việc sản xuất cắt gọt tạo phoi có những ưu điểm nào?
2. Yêu cầu gì được đặt ra cho đồ gá của máy công cụ?
3. Kẹp chi tiết trên mặt đế ba điểm có ưu điểm nào?
4. Tại sao khi kẹp với kẹp phẳng chi tiết được ép cùng lúc vào bàn máy?
5. Giải thích phương pháp kẹp theo nguyên tắc đòn bẩy khuỷu?
6. Việc sử dụng mặt đế tự lựa có ưu điểm gì?
7. Kẹp nam châm có ưu điểm gì?
8. Tại sao kẹp bằng tấm kẹp điện với nam châm vĩnh cửu cho phép gia công chính xác cao một cách đặc biệt?
9. Kẹp thủy lực có ưu điểm gi?
10. Tại sao kẹp thủy lực lại có nhiều ưu điểm trong sản xuất hàng loạt?
11. Trong trường hợp nào người ta sử dụng xy lanh xoay để kẹp?
12. Cho mục đích sử dụng nào thì khối kết cấu gá đặc biệt thích hợp?

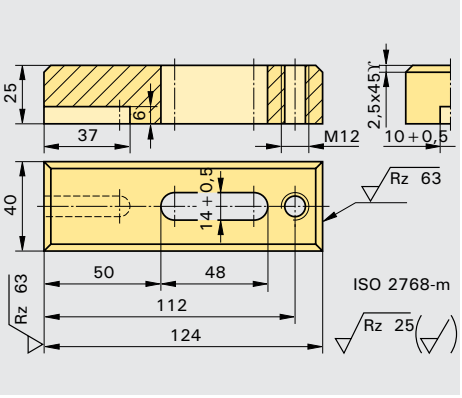
3.6.10 Thí dụ gia công với đài kẹp cào

Chi tiết được kẹp ở đồ gá hay trực tiếp trên máy bằng cấu kiện kẹp thủy lực (**Hình 1** và **Hình 2**). Đài kẹp cào (1) tác động như đòn bẩy hai bên và truyền (tải) lực ép của xy lanh vặn (12) trên bù long (10), bù long này đè lên chi tiết. Lực ép có thể được điều chỉnh qua sức ép ở xy lanh thủy lực. Pittông với vít ép chạy trở về, mỏ kẹp cào có thể kéo trở về bằng tay. Chi tiết bây giờ nằm tự do và có thể lấy ra khỏi đồ gá. Ở chi tiết có bề dày khác nhau thì để nghiêng đài kẹp cào một chút. Vị trí nghiêng này của đài kẹp cào được cân bằng qua đệm cầu và đệm lõm côn.



Hình 1: Cấu kiện kẹp thủy lực

Việc chế tạo mỏ kẹp cào cho cấu kiện kẹp thủy lực nên được lên kế hoạch như sau đây. Trị số cắt cũng phải được xác định trong quá trình chế tạo cắt gọt lấy phoi.



Hình 2: Mỏ kẹp cào

Vị trí	Số lượng	Tên chi tiết	Tên ngắn - Tiêu chuẩn cũng như Vật liệu
1	1	Mỏ kẹp cào	C45 E
2	1	Bù long nén	16Mn Cr5
3	1	Lò xo nén	DIN 2098 – 1,6 x 15 x 70
4	1	Đệm	ISO 7090 –13 – 200 HV
5	1	Bù long sáu cạnh	ISO 4014 – M12 x 130 -8,8
6	1	Đai ốc	DIN 508 – M12 x 25
7	1	Đệm hình cầu	DIN 6319 – C13
8	1	Đệm lõm côn	DIN 6319 – D13
9	1	Đai ốc sáu cạnh	ISO 6768 – M12
10	1	Bù long kẹp	16 MnCr 5
11	1	Thân	S235JB (St 37-2)
12	1	Xy lanh vặn thủy lực	Ø 16 x 12

Hình 3: Danh mục chi tiết cấu kiện kẹp thủy lực

Chọn vật liệu thích hợp

Mỏ kẹp cào (1) được xem như là đòn bẩy chịu tải uốn và chịu lực ép ở bề mặt tiếp xúc với bù long nén (2) và đệm lõm côn (8). Do vậy chọn thép C45E đã qua xử lý, thép này sau quá trình gia công cắt gọt được xử lý nâng cấp sức bền kéo lên đến 600 N/mm^2 và ngoài ra có thể được tôi cứng lớp ngoài.

■ Kế hoạch làm việc

Chu trình gia công được thiết lập trong một kế hoạch làm việc (**Hình 1**). Trong kế hoạch này bên cạnh từng quá trình gia công còn cung cấp thêm các thông tin khác như số lệnh sản xuất, số lượng sản xuất (cỡ lô), thiết bị máy móc, dụng cụ và đồ gá dự kiến cũng như thời gian định mức. Kế hoạch làm việc cùng đi với lệnh sản xuất qua suốt quá trình gia công. Mỗi công đoạn được ký bởi người thực hiện (người thi hành) và ghi lại thời gian cần thiết để xí nghiệp nhận được giá trị chính xác số giờ máy sử dụng (chiếm) và tính lại chi phí.

■ Các bước chế tạo

Mỏ kẹp cào được chế tạo bằng thép dẹt cán kéo nóng 45 x 30 mm.

Cắt chiều dài phôi (**Hình 2**)

Dụng cụ: Lưỡi cưa thép gió Ø 200 x 2,5

Bảng 1: Giá trị cắt của lưỡi cưa bằng thép gió HSS

Loại gia công		Thép với độ bền kéo R_m đến 600 N/mm²	đến 800 N/mm²	đến 1000 N/mm²	Gang đến 180 HB
Chiều sâu cắt đến 30mm	v_c	35...40	25...30	15...20	20...30
	v_f	25...30	20...25	12...15	30...35

Trong điều kiện giao hàng, thép C45E được tôi cứng bằng tia lửa sẽ có sức bền kéo từ 650 đến 800 N/mm². Nhờ đó từ **Bảng 1** ta có giá trị cắt như sau:

$v_c = 25$ m/phút; $v_f = 20$ mm/phút

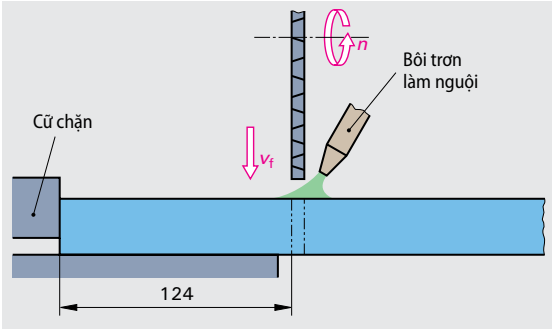
Số vòng quay có thể lấy ra từ bảng biểu đồ (**Hình 3**) hay được tính toán:

$$n = \frac{V_s}{\pi \cdot d} = \frac{25\text{m/phút}}{\pi \cdot 0{,}2\text{m}} = \textbf{40 vòng /phút}$$

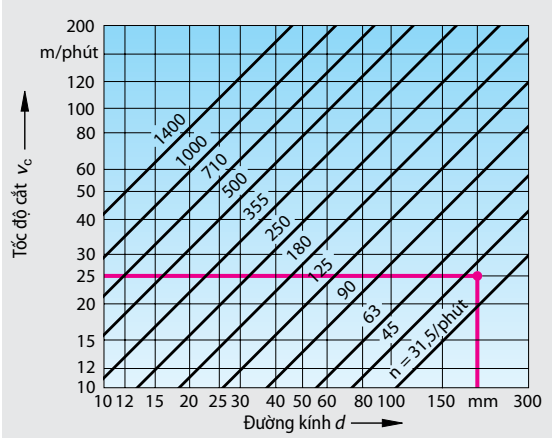
Trước tiên cưa thẳng đầu mút của thanh sắt, sau đó chỉnh cái cữ ở máy cưa đĩa đúng chiều dài của mỏ kẹp cào. Sau khi xác định và chỉnh tốc độ bước dẫn tiến và số vòng quay, mở dung dịch cắt (dung dịch bôi trơn làm nguội) thực hiện cưa khúc thứ nhất với chiều dài cưa là 124 mm. Mặt đầu (mặt mút) không gia công nữa. Khi chiều dài chỉnh đúng thì có thể tiếp tục cưa các chi tiết khác cũng như vậy. Máy cưa có trang bị bộ phận đẩy phôi tự động thì có thể chỉnh được số lượng phoi cần phải cưa như mong muốn. Tất cả số vòng quay được xác định có thể được trực tiếp điều chỉnh ở máy với truyền động vô cấp. Ở máy có số vòng quay theo bậc, nên chọn số vòng quay thấp hơn một bậc vì tuổi thọ của dụng cụ bằng thép gió.

Kế hoạch làm việc Lệnh sản xuất số: 1407 82-2		Tên công nhân: ... Ngày: 25. 07. 2003
Tên chi tiết: Mỏ kẹp cào Vật liệu: C45E Kích thước: 45 x 30 x 124		Số lượng sản xuất: 10 Trọng lượng/chi tiết: 0,97 kg Thời hạn: 10. 08. 2003
Các bước công việc	**Công đoạn**	**Dụng cụ**
10	Cưa (L= 124)	Lưỡi cưa thép gió HSS Ø 200 x 2,5
20	Phay ngoài 40 x 25	Dao phay lăn trụ thép gió HSS Ø 63
30	Phay vạt 45⁰	Dao phay góc 90⁰ thép gió HSS
40	Phay rãnh 10 x 32	Dao phay khoan rãnh Ø 10
50	Phay lỗ dài 14 x 35	Dao phay khoan rãnh Ø 14
60	Khoan Ø 10,2; khoét, lã	Lưỡi khoan xoắn Ø 10,2; Lưỡi lã côn 90⁰
70	Khoan ren M12	Cây ven răng M 12
80	Làm sạch ba via	Dũa bảng
90	Tôi cải thiện (R_m = 900/mm²)	
100	Tôi cứng lớp ngoài của rãnh	
110	Phốt phát hóa	

Hình 1: **Kế hoạch làm việc** (trích)



Hình 2: **Cắt chiều dài của phôi**



Hình 3: **Biểu đồ** (**sơ đồ**) **số vòng quay**

Phay các mặt ngoài (Hình 1)

Dụng cụ: Dao phay lăn trụ Ø 63, 8 răng, thép gió HSS.

Phôi được kẹp từng cái ở êtô (mỏ kẹp) máy trên bàn của máy tiện. Nó nằm trên hai miếng lót song song và được phay qua với dao phay lăn trụ hay với một đầu phay. Với dao phay bằng thép gió nên gia công cơ bản với dung dịch cắt (Bôi trơn làm nguội). Tương ứng với những kích thước cho trước và trị số yêu cầu cho độ bóng bề mặt, những chi tiết tiếp sau đây có thể được gia công với cùng sự điều chỉnh tương tự.

Tại chiều sâu nhấp nhô $R_z \le 25\ \mu m$ có thể phay với bước dẫn tiến mỗi răng từ $f_z = 0{,}1$ mm.

Giá trị chọn (**Bảng 1**) **cho C45E** ($R_m = 800$ N/mm²)

$v_c = 25$ m/phút; $f_z = 0{,}1$ mm

$$n = \frac{v_c}{\pi \,.\, d} = \frac{25\ \text{m/phút}}{\pi \,.\, 0{,}063\ \text{m}} = 126\ \text{vòng /phút}$$

Chọn n = **125 vòng /phút**

$v_f = z \,.\, F_z \,.\, n = 8 \,.\, 0{,}1\ \text{mm} \,.\, 125\ \text{/phút} =$ **100 mm /phút**

Phay rãnh và lỗ dài (Hình 2)

Dụng cụ: Dao phay khoan rãnh Ø 10 cũng như Ø 14 mm, 2 răng, bằng thép gió HSS.

Rãnh 10 x 37 và lỗ dài 14 x 48 có thể được phay với dao phay khoan không cần phải chỉnh sang bên cạnh vì bề ngang của rãnh có dung sai lớn. Chi tiết đầu tiên được chỉnh với đầu dò cạnh trên tâm của đầu phay.

Sau khi dao phay chạm xước phần cuối của mỏ kẹp cào, chiều dài của rãnh cũng như của lỗ dài được tiếp cận kích thước và sau đó đặt cái cữ. Dao phay được sử dụng là dao phay khoan với một mép cắt ngang đến tâm để có thể chỉnh trong phôi (vì rãnh phay của chi tiết không được khoan mồi trước). Những chi tiết kẹp trên êtô máy lúc phay trong phạm vi lỗ dài phải nằm tự do để dao phay có thể thoát ra khỏi chi tiết vào lần cắt cuối cùng.

Giá trị chọn (**Bảng 2**): $v_c = 25$ m /phút

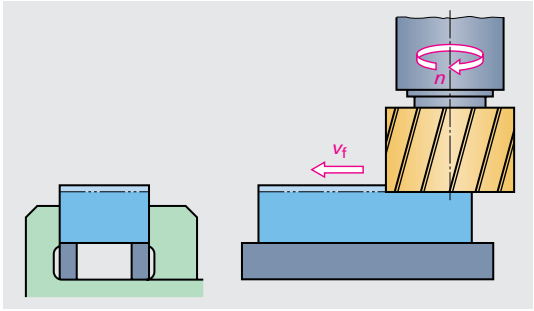
$$f_z = 0{,}15\ \text{mm};\ n = \frac{v_c}{\pi \,.\, d} = \frac{25\ \text{m /phút}}{\pi \,.\, 0{,}01\ \text{m}} =$$ **796 vòng /phút**

(ở Ø 14: ***n* = 568 vòng/phút**)

$v_f = z \,.\, f_z \,.\, n = 2 \,.\, 0{,}15\ \text{mm} \,.\, 796\ \text{/phút} =$ **239 mm/ phút**

(**170 mm /phút**)

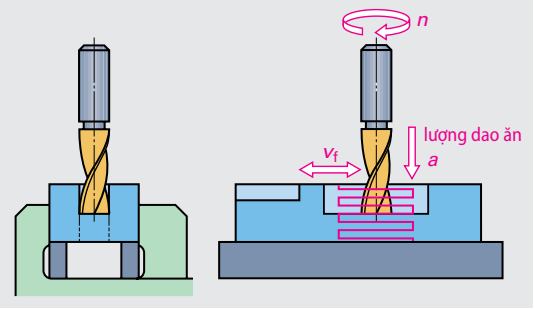
Vòng chung quanh vạt 45⁰ được phay bởi một dao phay trụ, lưỡi cắt của nó có dạng côn 90⁰. Trong cùng một lần kẹp, lỗ lõi cho ren M12 được khoan với lưỡi khoan xoắn Ø 10,2 mm.



Hình 1: Phay mặt ngoài

Bảng 1: Giá trị cắt cho dao phay lăn mặt đầu v_c (m/phút), f_z (mm)

Loại gia công		Thép với độ bền kéo đến 600 N/mm²	đến 800 N/mm²	đến 1000 N/mm²	Gang đến 180 HB
Dao phay bằng thép gió					
Phay thô	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25
	f_z	0,1...0,2	0,1...0,2	0,1...0,15	0,15...0,3
Phay tinh	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25
	f_z	0,05...0,1	0,05...0,1	0,05...0,1	0,1...0,2
Dao phay với mũi cắt hợp kim cứng					
Phay thô	v_c	80... 150	80... 150	60... 120	70... 120
	f_z	0,1... 0,3	0,1... 0,3	0,1... 0,3	0,1... 0.3
Phay tinh	v_c	100... 300	100... 300	80... 150	100... 160
	f_z	01... 0,2	0,1...0,2	0,06... 0,15	0,1... 0,2



Hình 2: Phay rãnh và lỗ dài

Bảng 2: Giá trị cắt của dao phay trụ

Loại gia công		Thép với độ bền kéo đến 600 N/mm²	đến 800 N/mm²	đến 1000 N/mm²	Gang đến 180 HB
Dao phay bằng thép gió					
Phay thô	v_c	30.....40	25.....30	15.....20	20....25
	f_z	0,1...0,2	0,1....0,15	0,05...0,1	0,15...0,3
Phay tinh	v_c	30....40	25.....30	15.....20	20.....25
	f_z	0,04. .0,1	0,04...0,1	0,02....0,1	0,07....0,2

Khoan lỗ lõi

Dụng cụ: Lưỡi khoan xoắn bằng thép gió HSS, Ø 10,2 mm

Thông số cắt được chọn (Bảng 1):

v_c = 25 vòng/phút; f = 0,18 mm

$$n = \frac{v_c}{\pi . d} = \frac{25 \text{ m/phút}}{\pi . 0{,}012 \text{ m}} = \textbf{780 vòng /phút}$$

Ven răng M12 (Hình 1)

Trước khi ven răng, lỗ Ø 12,5 được lã với lưỡi lã côn.

Ren được cắt trên máy khoan. Dầu cắt làm giảm ma sát và làm tăng chất lượng độ bóng bề mặt của ren và tuổi thọ của cây ven răng.

Chọn giá trị (Bảng 2): v_c = 10 m/phút

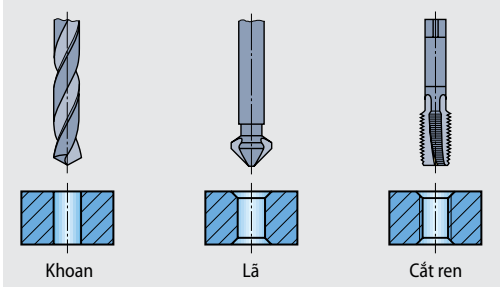
$$n = \frac{v_c}{\pi . d} = \frac{10 \text{ m/phút}}{\pi . 0{,}012 \text{ m}} = \textbf{265 vòng /phút}$$

Công đoạn kết thúc

Sau khi gia công xong chi tiết được cắt rìa xờm (bavia). Tiếp theo đó kiểm tra kích thước, hình dạng và bề mặt. Sau đó toàn chi tiết được ủ và bề ngang 10 mm của rãnh được tôi cứng lớp vùng biên. Sau khi xử lý nhiệt bề mặt được phốt phát hóa để chống sét và tạo ngoại hình đẹp.

Bảng 1: Thông số cắt cho lưỡi khoan xoắn bằng thép gió (HSS)

Vật liệu	Độ bền kéo R_m (N/mm²)	Vận tốc cắt v_c (m/min)	Bước dẫn tiến f (mm) mỗi vòng ở đường kính lưỡi khoan d (mm)				
			4	6,3	10	16	25
Thép	đến 600	30...35	0,08	0,12	0,18	0,25	0,32
	trên 700 đến 1000	20...25					



Hình 1: Cắt ren M12

Bảng 2: Trị số cắt cho cây ven răng bằng thép gió (HSS)

Vật liệu	Độ bền kéo R_m (N/mm²)	Vận tốc cắt v_c (m/min)	Kiểu dụng cụ theo DIN 1836
Thép carbon	đến 700	16	N
	trên 700	10	H (N)
Thép hợp kim	đến 1000		

■ Các biện pháp khả thi để tiết kiệm chi phí sản xuất

Vật liệu: Với thép dẹt (Thép có tiết diện vuông) kéo láng 40 x 25 khỏi phải gia công bề mặt ngoài; ở thép cán nóng 40 x 25 lớp da cán được làm mất qua mài phẳng bề mặt.

Gia công bằng kỹ thuật số NC: Rãnh, lỗ dài và lỗ ven răng được thực hiện trên một máy phay NC ở một lần kẹp. Dụng cụ thay đổi tự động làm giảm thời gian gia công.

Dụng cụ: Với dụng cụ bằng hợp kim cứng có thể tăng tốc độ cắt lúc phay và như thế giảm thời gian gia công.

Thời gian lắp đặt và thời gian phụ: Có thể giảm thời gian thay đổi dụng cụ khi nhiều mỏ kẹp cào được gia công cùng một lần kẹp.

Mức độ gia công sâu hơn qua đặt hàng ngoài: Một vài phương pháp gia công đòi hỏi máy móc và phương tiện đặc biệt, thí dụ như xử lý nhiệt, hay thiết bị chịu điều kiện tuân thủ môi trường nghiêm ngặt thí dụ như thiết bị phốt phát hóa. Các trang thiết bị như thế đáng giá khi tận dụng tốt. Vì lý do này các đơn đặt hàng thường được giao cho các xí nghiệp khác.

Ôn tập và đào sâu

1. Tại sao bù long kẹp được sản xuất bằng thép 16MnCr5?
2. Những thông tin gì được thể hiện trong kế hoạch làm việc?
3. Lên kế hoạch làm việc cho quy trình sản xuất bù long kẹp?
4. Kiến thức nào mà nhân viên phụ trách kế hoạch sản xuất cần phải có?
5. Tại sao cấu kiện kẹp thủy lực được trang bị với bộ ly kết nhanh?
   So sánh với sự mô tả trong chương "điều khiển thủy lực ".
6. Số vòng quay điều chỉnh và bước dẫn tiến f_z tùy thuộc vào đâu trong phương pháp phay. Hãy giải thích ý kiến của bạn với sự hỗ trợ của sổ tay kỹ thuật.

3.7 Ghép nối (Kết nối)

Máy, đồ gá và thiết bị gồm nhiều chi tiết rời khác nhau (**Hình 1**). Trong sản xuất cũng như trong lắp ráp, các cơ phận rời được kết nối với nhau sao cho đạt được các chức năng yêu cầu. Sự kết nối của cơ phận rời đến đơn vị chức năng được gọi là ghép nối.

Bộ phận được ghép nối có thể truyền tải lực hoặc momen quay. Ở trục máy cưa đĩa (Hình 1) momen quay của trục (vị trí 1) truyền qua then bằng (vị trí 2) trên chi tiết tiếp giáp (vị trí 3). Lực tác động trên vòng bi nhào (vị trí 9) được truyền trực tiếp qua lỗ thân máy hay gián tiếp trên nắp đậy (vị trí 10) và bù long sáu cạnh (vị trí 11) trên vỏ bợ trục (vị trí 7).

Sự kết nối của cơ phận rời gọi là ghép nối. Qua ghép nối sự gắn kết của cơ phận rời ở vị trí ghép nối được tạo ra hoặc tăng cường.

3.7.1 Phương pháp ghép nối

Tùy theo cách tác dụng người ta phân biệt ghép nối dạng cứng, ghép nối ma sát, ghép nối dạng có tải trước và dạng ghép nối chắc (**Bảng 1, trang 206**).

■ Ghép nối dạng cứng

Ở ghép nối dạng cứng các chi tiết được kết nối vào nhau bởi hình dạng ăn khớp với nhau. Như vậy thí dụ như then bằng (vị trí 2) truyền tải momen quay của trục (vị trí 1) đến mặt tựa của đùm (vị trí 3 - hình 1 và **hình 2**).

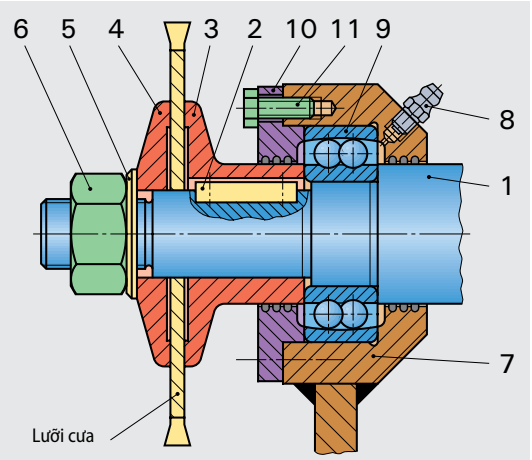
Kết nối dạng cứng được thiết lập với

- Then bằng
- Trục then hoa
- Bù long định vị
- Chốt
- Bù long
- Đinh tán

■ Ghép nối lực (ghép nối ma sát)

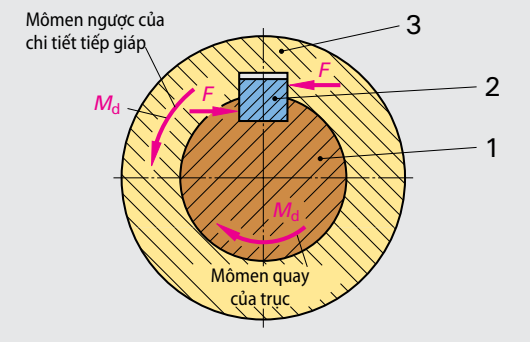
Ở ghép nối ma sát momen quay và lực được truyền qua lực ma sát, lực này phát sinh qua các cơ phận ép lại với nhau (**Hình 3**).

Ở trục cưa đĩa (Hình 1) thí dụ như lưỡi cưa ở giữa chi tiết tiếp giáp (vị trí 3) và đĩa kẹp (vị trí 4) được kẹp khi siết đai ốc sáu cạnh (vị trí 6). Các lực ma sát ở vị trí tiếp xúc sẽ mang theo lưỡi cưa.

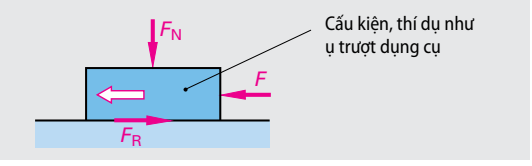


Vị trí	Số lượng Đơn vị	Danh mục	Vật liệu - Ký hiệu ngắn theo tiêu chuẩn	Ghi chú
1	1	Trục	E295	Rd 45
2	1	Then bằng	DIN 6885 – A-8x7x30	
3	1	Chi tiết tiếp giáp	S275JR	
4	1	Đĩa kẹp	S275JR	
5	1	Đĩa	ISO 7090-20-300 HV	
6	1	Đai ốc sáu cạnh	ISO 8673-M20x1,5-8-LH	
7	1	Vỏ bợ trục	S275J2G3	
8	1	Nút mỡ (vú mỡ)	DIN 71412 – AM6	
9	1	Vòng bi nhào	DIN 630-2206TV	
10	1	Nắp đậy	S275JR	Rd 90x15
11	6	Đai ốc sáu cạnh	ISO 4017 – M6 x 16-8.8	

Hình 1: **Trục lưỡi cưa đĩa với ổ trục**



Hình 2: **Momen quay truyền qua dạng kết nối cứng**



Hình 3: **Lực ma sát F_R**

Hệ số ma sát μ có xem xét đến
- Kết cấu bề mặt
- Tình trạng bôi trơn
- Vật liệu ghép đôi (kết hợp)
- Loại ma sát

Ở lực tiếp xúc (lực thường) bằng nhau, bề mặt nhám của cơ phận truyền lực nhiều hơn ở bề mặt láng.

Giữa bề mặt bôi trơn phát sinh một lực ma sát nhỏ hơn ở giữa bề mặt khô. Lực ma sát cũng tùy thuộc vào việc các cơ phận chuyển động lên nhau (ma sát do chuyển động) hoặc cũng không dịch chuyển với nhau cho dù có tác động của lực (ma sát tĩnh).

Lực ma sát luôn tác động ngược chiều chuyển động

Kết nối lực là
- Kết nối bằng bù long
- Kết nối côn
- Kết nối kẹp chặt
- Ly kết một đĩa

Thí dụ: Đĩa kẹp được ép qua việc siết đai ốc sáu cạnh với một lực 25 kN vào lưỡi cưa (**Hình 1**).
Lực ma sát phát sinh F_R ở 2 bề mặt ma sát và $\mu = 0{,}1$ là bao nhiêu?
Lời giải: $\boldsymbol{F_R} = \mu \,.\, F_N \,.\, 2 = 0{,}1.\ 25000\ \text{N} \,.\, 2 =$ **5000 N**

■ Kết nối dạng có tải trước

Ở kết nối dạng tải trước, momen quay truyền động ban đầu bằng kết nối lực. Then dẫn động (**Hình 2**) lắp ghép trục và đùm, trong đó then không nằm bên cạnh trong rãnh đùm. Khi lực ma sát bị vượt qua momen quay chủ yếu được chuyển qua dạng kết cấu cứng vì bây giờ các bề mặt bên của trục và rãnh đùm nằm bên then.

Kết nối dạng có tải trước là
- Kết nối bằng then
- Kết nối côn với lò xo đĩa
- Kết nối bằng răng mặt đầu

■ Kết nối bằng vật liệu

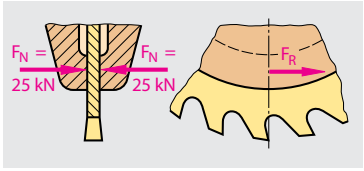
Ở kết nối bằng vật liệu chi tiết được giữ chặt qua lực cố kết và lực bám, thí dụ như vỏ bợ trục (Hình 1, trang 204) bằng hai phần hàn dính lại.

Kết nối bằng vật liệu chắc là
- Kết nối bằng hàn, kết nối bằng hàn vẩy và kết nối bằng dán.

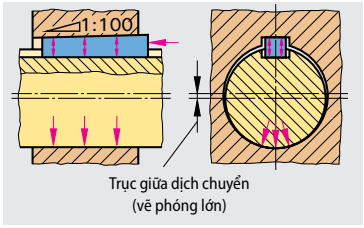
■ Kết nối cố định và kết nối di động (lỏng)

Qua ghép nối xuất hiện kết nối cố định hay di động (**Hình 3**). Ở kết nối **cố định** các chi tiết luôn luôn có cùng vị trí với nhau. Ở kết nối **di động** vị trí của chi tiết ghép nối với nhau có thể thay đổi, thí dụ như một bánh răng nhỏ (bánh răng chủ động) có thể trượt (di động) trên một trục then hoa. Kết cấu cố định và kết cấu di động có thể là tháo rời hoặc không tháo rời. Ở kết cấu **tháo rời** các chi tiết lắp chung có thể tháo rời không bị hủy (**Hình 4**).

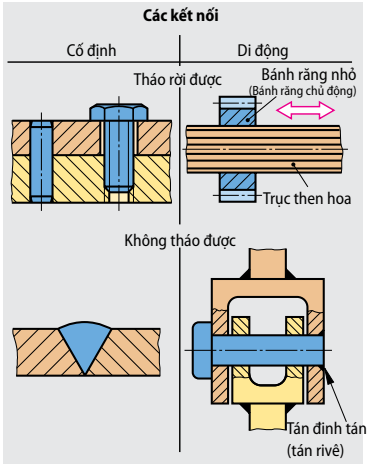
Ở kết nối **không tháo rời** các vị trí kết nối hoặc chi tiết phải bị hủy (**Hình 5**).



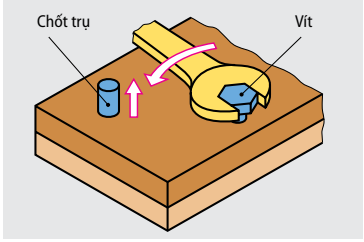
Hình 1: Lưỡi cưa



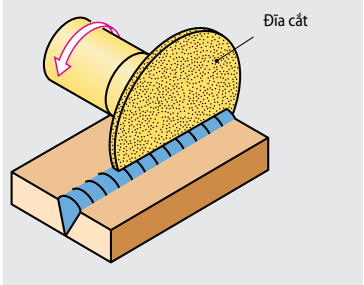
Hình 2: Kết nối bằng then



Hình 3: Kết nối cố định và di động

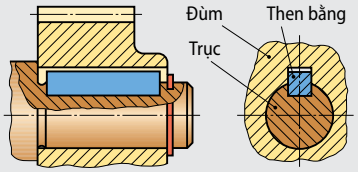
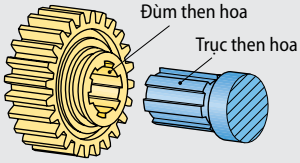
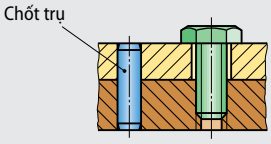
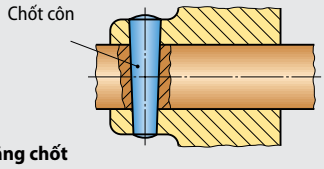
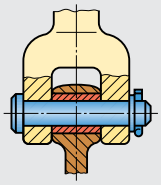
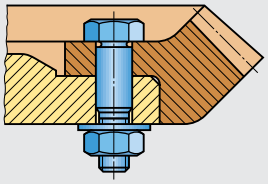
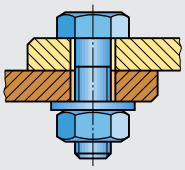
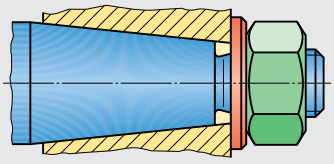
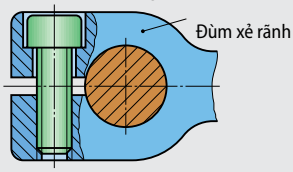
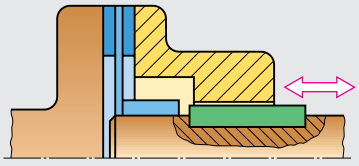
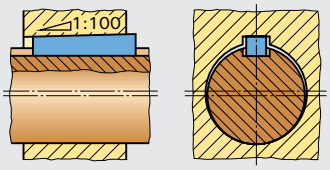
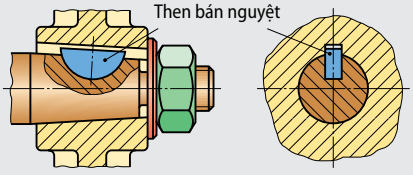
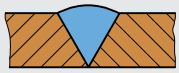
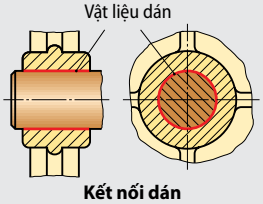
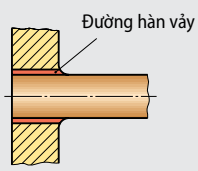


Hình 4: Kết nối tháo rời được



Hình 5: Cắt tách rời một kết nối không tháo rời được

Bảng 1: Tổng quan về những phương pháp ghép nối quan trọng

Kết nối cứng qua dạng khớp với nhau	 **Kết nối bằng then**  **Kết nối bằng then hoa**   **Kết nối bằng chốt**  **Kết nối bằng bù long**  **Kết nối bằng bù long định vị**
Kết nối lực qua lực ma sát	 **Kết nối bằng vít**  **Kết nối côn**  **Kết nối kẹp**  **Bộ ly kết một đĩa**
Kết nối có tải trước qua kết nối lực và kết nối cứng	 **Kết nối bằng then**  **Kết nối côn với then bán nguyệt**
Kết nối bằng vật liệu qua lực cố kết và lực bám	 **Kết nối hàn**  **Kết nối dán**  **Kết nối bằng hàn vẩy**

3.7.2 Kết nối ép và kết nối cắm tác động nhanh

3.7.2.1 Kết nối ép

Kết nối ép xảy ra khi cơ phận (chi tiết) có kích thước dôi (quá khổ) giữa các mặt ghép. Qua lực ép xuất hiện, lực và momen quay có thể được truyền không cần thêm cấu kiện cơ phận kết nối.

Kết nối ép truyền lực và mô men quay qua dạng ma sát.

■ Kết nối ép bằng cách ép vào theo hướng chiều dài

Ở kết nối ép, các chi tiết được ghép nhờ một máy ép vào theo hướng chiều dài (**Hình 1**). Phần chi tiết trong nên vạt từ 2 đến 5 mm dài với một góc tối đa 5^0, vì lúc ép vào cạnh sắc chi tiết trong là các đỉnh nhấp nhô của bề mặt lỗ bị cào xước và như vậy sẽ làm tăng đường kính lỗ và giảm lực bám. Thoa dầu bề mặt ghép trước khi ép vào ngăn chặn sự làm mòn của chi tiết.

■ Kết nối ép qua nhiệt (co lại)

Trước khi ghép bằng kết nối ép, chi tiết ở ngoài được nung nóng và đẩy vào chi tiết trong. Lúc để nguội kết nối ép hình thành qua sự co lại của phần ngoài chi tiết (**Hình 2**).

Việc thu nhỏ kích thước lúc làm nguội của một chi tiết với những mặt ghép kín trong đã được nung nóng trước gọi là sự co lại.

Để nung nóng người ta sử dụng thiết bị nung bằng cảm ứng, bể dầu và mỏ hàn xì.

Quy tắc làm việc

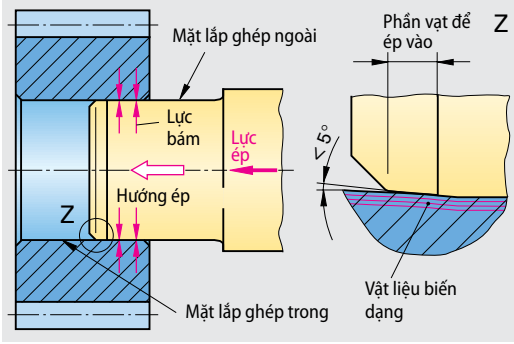
- Phải tuân thủ đúng nhiệt độ nung nóng đã được quy định trước để tránh việc thay đổi cấu trúc tinh thể của vật liệu.
- Chi tiết lớn, cồng kềnh phải nung cho đều, nếu không sẽ bị cong vênh (lệch, méo).
- Chi tiết nhạy cảm với nhiệt như các đệm kín phải được tháo ra trước khi nung.

■ Kết nối ép qua làm lạnh (giãn nở)

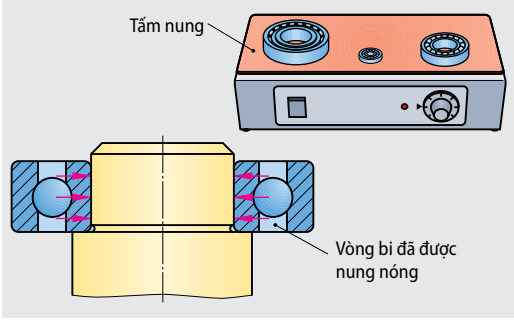
Trong trường hợp chi tiết ngoài không thể nung nóng được vì hình dạng và kích thước lớn hay vì cấu trúc tinh thể thay đổi, người ta làm lạnh chi tiết trong (trục) đến khi nào nó được ghép dễ dàng vào chi tiết ngoài (lỗ) (**Hình 3**).

Chất làm lạnh là đá lạnh khô (carbon dioxit rắn đến -79°C) và ni tơ lỏng (đến -190°C). Lúc làm nóng trở lại chi tiết trong nở ra và hình thành kết nối ép với chi tiết ở ngoài. Phải chú ý đến quy định về phòng ngừa tai nạn lao động khi làm việc với các chất làm lạnh.

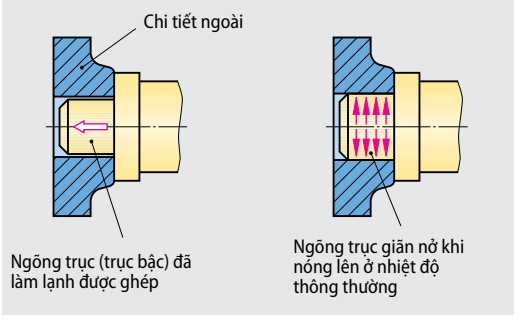
Việc tăng kích thước qua nung nóng một chi tiết với những mặt lắp ghép được làm lạnh trước đó gọi là sự giãn nở.



Hình 1: Kết nối ép qua ép vào theo hướng chiều dài



Hình 2: Kết nối ép qua co lại



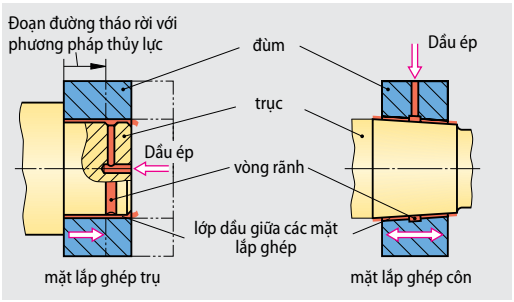
Hình 3: Kết nối ép qua lạnh

■ Kết nối ép bằng phương pháp thủy lực

Ở phương pháp thủy lực dầu máy được ép vào những mặt lắp ghép qua một vòng rãnh đã được gia công vào trong trục hay lỗ (**Hình 1**). Qua đó những chi tiết bị biến dạng đàn hồi có thể được dịch chuyển tách rời nhau bằng lực nhỏ.

Chi tiết với mặt lắp ghép côn có thể được ghép và tách ra với phương pháp này. Các chi tiết dạng trụ chủ yếu được ghép nối qua co lại. Sự tháo rời có thể được thực hiện bằng phương pháp thủy lực cho đến khi đùm còn phủ qua vòng rãnh của trục (Hình 1). Sau đó đùm có thể được tháo rời hoàn toàn với lực tương đối nhỏ vì dầu vẫn còn giữa các mặt lắp ghép.

Phương pháp thủy lực được sử dụng chủ yếu để lắp và tháo các vòng bi lớn (trang 393).



Hình 1: Kết nối ép được thực hiện bằng thủy lực

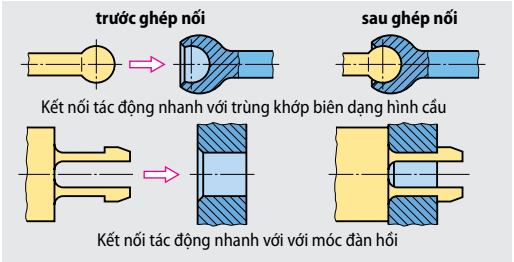
3.7.2.2 Kết nối cắm tác động nhanh

Ở kết nối cắm tác động nhanh, tính đàn hồi của vật liệu (phần lớn là chất dẻo hay thép lò xo) được khai thác cho việc ghép hai chi tiết vào với nhau.

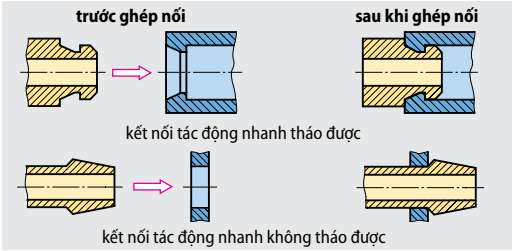
Một hình cầu, một gờ tròn mặt đầu hoặc một cái móc ăn khớp vào trong các mặt xén của chi tiết khác và hình thành kết nối chặt (**Hình 2**).

Tối thiểu một phần của kết nối phải bằng vật liệu đàn hồi để khi ghép vào hay tháo ra cho phép làm biến dạng bằng cỡ chiều cao gờ tròn mặt đầu.

Người ta phân biệt kết nối tác động nhanh tháo được và không tháo được (**Hình 3**). Kết nối không tháo được có một mặt phẳng ở bên trong của nó để ngăn cản sự tách rời các phần. Ở kết nối tháo được gờ tròn mặt đầu có độ dốc ở cả hai hướng chuyển động.



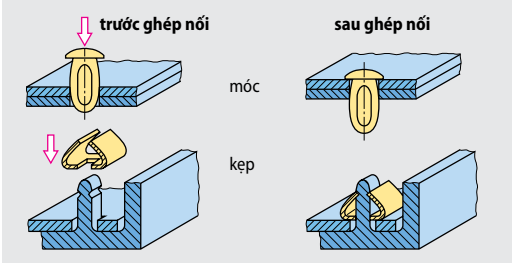
Hình 2: Các dạng thiết kế của kết nối tác động nhanh



Hình 3: Các loại kết nối tác động nhanh

> Ở kết nối tác động nhanh một phần ghép bị biến dạng đàn hồi và sau đó móc tháo được hay không tháo được.

Kết nối tác động nhanh được ghép bổ sung với cấu kiện gắn chặt thí dụ như các đường chỉ trang trí bằng chất dẻo ở thân xe hơi.



Hình 4: Kết nối tác động nhanh với cấu kiện gắn chặt

Cấu kiện gắn chặt điển hình cho kết nối tác động nhanh là kẹp và móc, các móc và kẹp này cần ít lực ghép và có thể vượt qua sai lệch sản xuất ở lỗ (**Hình 4**).

Ôn tập và đào sâu

1 Quy tắc làm việc nào cần phải chú ý đến những khi nung nóng chi tiết cho một kết nối ép?
2 Trong những trường hợp nào kết nối ép qua làm lạnh được ứng dụng?
3 Một kết nối ép côn bằng thủy lực được thực hiện như thế nào?
4 Nhờ đâu người ta phân biệt kết nối tác động nhanh tháo được và không tháo được?

3.7.3 Phương pháp dán (sự kết dính)

Trong phương pháp dán, vật liệu cùng hay khác loại được kết nối bằng vật liệu với nhau qua một lớp đệm ở giữa được hóa cứng toàn bộ.

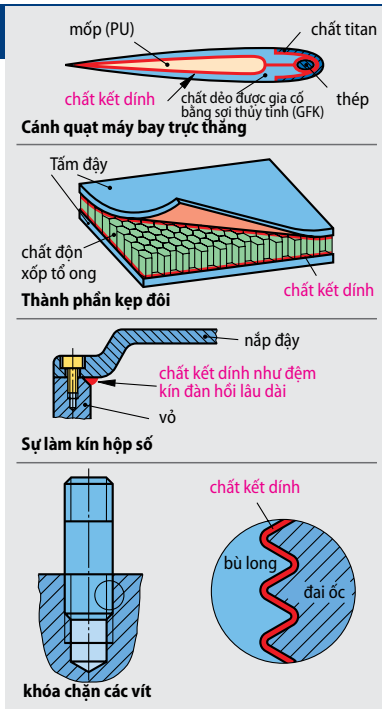
Kết nối dán chủ yếu được sử dụng để:

- **Kết nối** các bộ phận kết cấu
- **Khóa chặn** các vít
- **Làm kín** các mặt ghép nối

Chúng được sử dụng trong ngành chế tạo máy bay và xe hơi cho các cấu trúc và bao che, làm dính chặt các má thắng (đệm hãm), gắn chặt các các bạc lót và bợ trục, khóa chặt các vít và làm kín các vỏ hộp. (**Hình 1**).

Các đặc trưng của kết nối dán

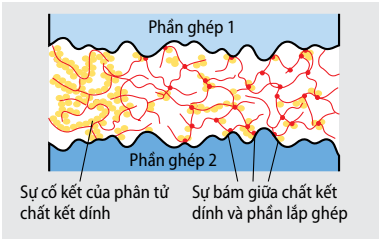
Ưu điểm	Khuyết điểm
• Tinh thể không thay đổi	• Cần mặt ghép lớn
• Ứng suất phân bổ đều	• Độ bền mỏi ít
• Nhiều kết hợp vật liệu	• Độ bền nhiệt ít
• Kết nối kín khít (chặt)	• Một phần biến cứng lâu và phức tạp
• Ít đòi hỏi công sức làm khớp với nhau	



Hình 1: Kết nối dán

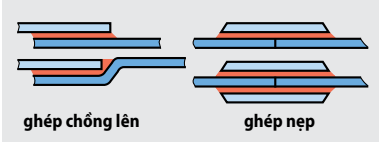
Các cơ sở của sự kết nối dán

Tính bền lâu của kết nối dán tùy thuộc vào **lực cố kết** của chất dính ở các mặt ghép và **lực bám** ở trong màng dính (**Hình 2**). Một lực cố kết cao có thể đạt được khi mặt ghép sạch, khô và hơi sần sùi (nhám). Qua quá trình biến cứng hình thành từ chất keo dán lỏng một chất nhựa rắn. Để tận dụng hết độ bền của chi tiết kim loại, chiều dài chồng lên phải bằng từ 5 đến 20 lần bề dày của thép lá (**Hình 3**).



Hình 2: Lực ở kết nối dán

Khả năng tải của kết nối dán không những chỉ phụ thuộc vào độ lớn của mặt ghép, mà lại còn phụ thuộc đáng kể vào loại ứng suất. Kết nối dán nên được thực hiện sao cho lớp dán chủ yếu chịu ứng suất cắt và chỉ ở mức độ nhẹ trên tải kéo. Không cho phép ứng suất lột vì dẫn đến kết nối dễ bị xé (**Hình 4**). Nó phải được ngăn ngừa qua các biện pháp đặc biệt thí dụ như là viền gấp mép hay tán ri vê (đinh tán).



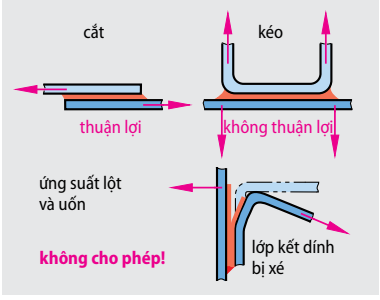
Hình 3: **Kiểu kết nối dán**

Kết nối dán phải có mặt bằng lớn và không cho phép gây ứng suất lột.

Các loại chất kết dính

Chất kết dính nóng chảy đông đặc hoàn toàn thuần túy qua sự làm nguội. **Chất kết dính ướt** trở nên cứng khi dung môi bay hơi.

Chất kết dính (**keo dán**) **hai thành phần** (**chất kết dính phản ứng**) là loại keo dán sử dụng phổ biến nhất cho kim loại (**Bảng 1 trang 210**). Nó biến cứng qua phản ứng hóa học. Theo nhiệt độ xử lý keo dán được phân loại là chất kết dính nóng và chất kết dính nguội, theo sự kết hợp là keo dán một hoặc hai thành phần.



Hình 4: Ứng suất kết nối dán

Bảng 1: Chất kết dính hai thành phần

Chất kết dính		Thành phần	Làm cứng		Độ bền cắt N/mm²	Phạm vi sử dụng °C	Các tính chất đặc biệt
			°C	Thời gian			
Keo dán nguội	Nhựa epôxy	2	20	48 giờ	đến 32	-60...+80	Độ bền cao và đàn hồi tốt, cứng nhanh khi nung nóng
	Acrylat	2	20	10 phút	8..20	đến +100	Keo và chất làm cứng được bôi riêng, sự hóa cứng bắt đầu với việc ghép
	Polyuretan	2	20	Đến 80 giờ	7...15	-200..+30	Thời gian làm cứng có thể được tăng tốc đến 0,5 giờ, sự hóa cứng cũng có thể thực hiện qua việc dẫn không khí vào
	Cyanacrylat	1	20	3..180 giây	đến 25	-40...+120	Sự hóa cứng rất ngắn (keo dán siêu tốc); lớp keo dán 0,2mm; cũng phù hợp cho chất đàn hồi (cao su hóa học)
	Keo Anaerobe	1	20	6...24 giờ	đến 40	-60...+200	Làm cứng khi kết thúc bằng không khí, chủ yếu để gắn chặt bạc lót và làm khóa chặn các vít.
Keo dán nóng	Nhựa epôxy	2	120	15 phút	đến 40	-60...+80	Sức bền và khả năng biến dạng cao, cũng dùng để lấp các khoảng trống lớn
	Nhựa phenol	1	180	120 phút	đến 40	-60...+200	Sức bền cao, sức bền nhiệt cao, khả năng biến dạng, cần lực ép lúc làm cứng
	Chất kết dính polyimit	1	400	-	25	-60...+200	Làm cứng khi kết thúc bằng không khí và dưới sức ép; bền chắc đến 500°C thời gian ngắn

■ Xử lý trước bề mặt dán

Sự xử lý trước bằng cơ học thực hiện qua phun cát mịn hay mài với giấy nhám. Cần thiết phải **tách mỡ** (khử mỡ, tẩy dầu) sau khi xử lý cơ học hay trước khi xử lý hóa học. Việc này được thực hiện qua khử bằng hơi nước, bằng phương pháp nhúng hay lau bằng giẻ đã nhúng chất dung môi. Thay vì xử lý cơ học có thể **thực hiện xử lý hóa học** qua ăn mòn (bằng cách phun hóa chất). Ăn mòn là loại xử lý hiệu quả nhất, bởi bề mặt được làm sạch đồng thời được làm nhám (sần sùi). Sau khi ăn mòn hay khử mỡ phải để khô một cách cẩn thận.

Mặt dán phải khô, sạch và hơi nhám.

■ Chế biến (xử lý) chất kết dính

Hai thành phần keo phải được pha trộn với trọng lượng cần thiết và đúng tỷ lệ ngay trước khi sử dụng. Thời gian xử lý (tuổi thọ dán keo, thời gian sử dụng) bị hạn chế. Tùy theo hình thức giao hàng các chất keo được bôi (trét) mỏng và đều bằng súng phun, với cọ hay với bay hoặc qua việc đặt một màng keo dán.

■ Biến cứng

Nhiều chất kết dính lúc bôi có dạng dẻo như mật ong, sẽ chảy loãng lúc bắt đầu biến cứng. Do vậy các phần ghép phải đảm bảo không bị xê dịch, ở một vài chất kết dính phải ép thêm. Thời gian và nhiệt độ của sự biến cứng phụ thuộc theo loại chất kết dính và theo hướng dẫn của nhà sản xuất.

Quy trình làm việc để chế tạo một kết nối dán

- Mặt ghép phải khô, sạch, không có dầu mỡ và hơi nhám
- Nên thực hiện việc bôi chất kết dính ngay lập tức sau khi xử lý bề mặt
- Bề dày của lớp chất kết dính nên ở khoảng từ 0,1mm đến 0,3 mm
- Trong khi biến cứng phải đảm bảo các phần dán không bị xê dịch
- Chất kết dính ở trạng thái chưa biến cứng không nên để chạm vào da
- Phòng làm việc phải thông gió tốt, bởi có thể xuất hiện hơi có hại cho sức khỏe.

Ôn tập và đào sâu

1 Tại sao bề mặt dán lớn quan trọng trong phương pháp dán?

2 Mặt dán phải được xử lý trước như thế nào?

3.7.4 Hàn vảy

Hàn vảy là phương pháp kết nối bằng vật liệu và phủ lớp cho vật liệu với sự trợ giúp của chất kim loại phụ gia nóng chảy, **chất vảy hàn**. Nhiệt độ nóng chảy của chất vảy hàn thấp hơn của vật liệu nền cần kết nối. Vật liệu nền sẽ bị thấm ướt bởi chất vảy hàn để không chảy ra. Hàn vảy được sử dụng đa dạng dưới sự ứng dụng chất trợ dung (để nung chảy dễ dàng chất kim loại phụ gia), khí bảo vệ hay trong chân không.

Qua hàn vảy hình thành sự kết nối vật liệu không tháo được, đó là kết nối cứng, kín, có khả năng dẫn điện và dẫn nhiệt (**Hình 1**). Vật liệu kết nối với nguyên liệu nền có thể có tính chất và thành phần rất khác nhau miễn là chất vảy hàn kết nối với hai vật liệu. Như vậy mảnh cắt hợp kim cứng có thể được hàn vảy trên cán dao tiện bằng thép xây dựng.

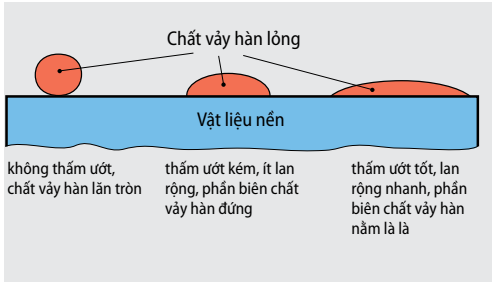
Qua hàn vảy ta có thể kết nối với cùng hay khác loại vật liệu kim loại cứng, kín và khả năng dẫn điện.

Hình 1: Hàn vảy một ống đồng

3.7.4.1 Khái niệm cơ bản về hàn vảy

■ Quá trình thấm ướt

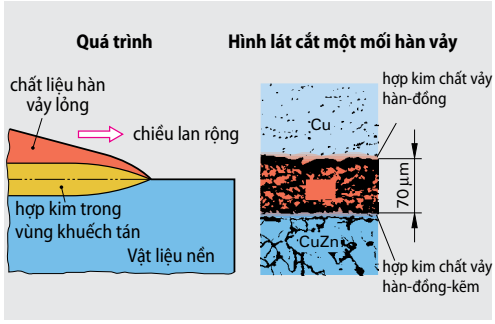
Điều kiện tiên quyết cho kết nối bằng hàn vảy là chất liệu hàn vảy lỏng thấm ướt trên (làm ẩm) vật liệu nền. Ở đây xảy ra sự lan rộng nhanh của chất vảy hàn lỏng trên bề mặt của chi tiết (**Hình 2**). Chất liệu hàn vảy thâm nhập vào trong tinh thể của vật liệu nền, hòa tan một phần của nó và tạo thành một hợp kim (**Hình 3**). Quá trình này của việc thâm nhập lẫn nhau được gọi là **khuếch tán**.



Hình 2: Dạng thấm ướt trong hàn vảy

Một **sự thấm ướt** tốt chỉ đạt được khi

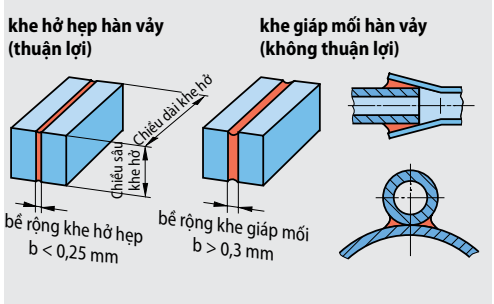
- Vật liệu nền với chất liệu hàn vảy có thể tạo thành hợp kim
- Điểm hàn (mối hàn) vảy thuần là kim loại.
- Chi tiết và chất vảy hàn được nung nóng đầy đủ.



Hình 3: Sự hình thành hợp kim qua khuếch tán

■ Khe hở hẹp hàn vảy và khe nối hàn vảy

Khoảng cách giữa hai mặt ghép có ảnh hưởng đặc biệt đến quá trình hàn vảy. Một khoảng cách giữa nhỏ hơn 0,25 mm gọi là **khe hàn vảy hẹp**. Khoảng cách giữa lớn hơn gọi là **khe hở hàn vảy** (**Hình 4**). Qua hai mặt nằm khít đối diện nhau của khe hở hàn vảy sự bám giữa chi tiết và chất liệu hàn vảy sẽ lớn hơn sự cố kết trong chất vảy hàn lỏng. Qua **tác động mao dẫn** chất vảy hàn được hút ra vào trong khe hàn vảy.



Hình 4: Khe hở hẹp hàn vảy và khe giáp mối hàn vảy

Tác dụng mao dẫn càng lớn khi bề ngang khe hở càng nhỏ. Khi bề ngang khe hở hàn vảy được đo chính xác, nó tạo thành một áp lực đầy đủ hút các vảy hàn chống lại lực hấp dẫn (trọng lực) trong khe hàn vảy (**Hình 1**).

Khi khe hở hàn vảy rộng hơn 0,3... 0,5 mm, lực hút không đủ để rút chất vảy hàn vào khe nối hở (**Hình 2**). Một khe hở quá hẹp cũng không kéo đủ chất vảy hàn vào được bên trong, bởi nó không thu nhận đủ chất trợ dung (chất phụ gia nung chảy) để tẩy lớp da bị oxít hóa (Trang 215).

Bề ngang khe hở hàn vảy nên vào khoảng từ 0,05 mm đến 0,2 mm.

Tránh việc chọn chiều sâu khe hở hàn vảy lớn hơn 15 mm, vì phần lớn chất vảy hàn không được kéo đủ vào trong khe. Lựa chọn kích thước khe hở hàn vảy đúng và chất liệu hàn vảy phù hợp thì sẽ có được kết nối hàn vảy đạt khả năng tải như vật liệu nền.

■ Nhiệt độ lúc hàn vảy

Kim loại tinh khiết và hợp kim đôi với hợp phần ơtéctic có một **độ nóng chảy** cố định. Độ nóng chảy của hợp kim ơtécti nằm thấp hơn từng độ nóng chảy của các vật liệu nền tinh khiết. Thí dụ như thiếc tinh khiết nóng chảy ở 232°C, chì tinh khiết ở 327°C, ngược lại một hợp kim với 63% thiếc và 37% chì nóng chảy ở nhiệt độ 183°C (**Hình 3**).

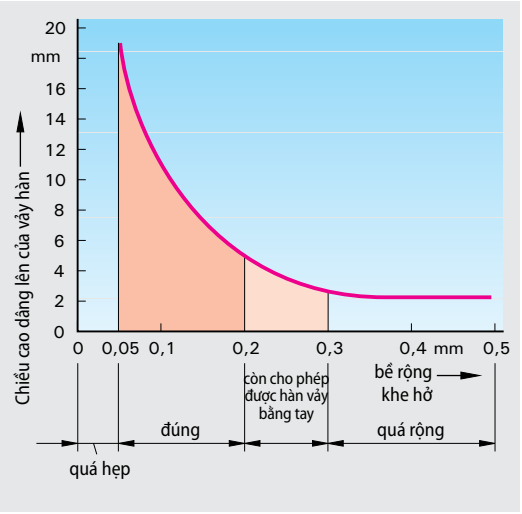
Hợp kim không có cấu trúc ơtéctíc sẽ không có độ nóng chảy cố định mà là một **khoảng nóng chảy**.

Hợp kim ơtéctíc có một độ nóng chảy, các cấu trúc khác có một khoảng nóng chảy.

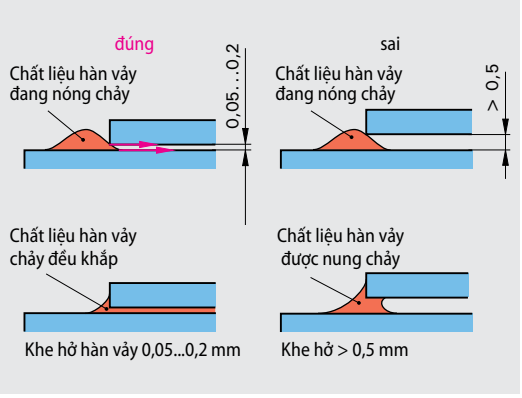
Thí dụ, nung nóng một hợp kim với 30% thiếc và 70% chì, như vậy từng tinh thể chỉ nóng chảy ở 183°C thôi. Càng nung nóng, càng nhiều tinh thể chảy ra. Chỉ khi đạt đường a-b ở đồ thị thì hợp kim chảy hoàn toàn. Ngược lại ở trong khoảng nóng chảy giữa 183°C và 260°C, có một hỗn hợp nhão từ phần nóng chảy và tinh thể (**Hình 3**).

Lúc hóa rắn (đông cứng), trước tiên các chất liệu hàn vảy dạng lỏng trở lại đặc sệt (dẻo/chảy lỏng) và sau cùng cứng. Sự rung sốc lúc đông đặc làm giảm thiểu tính gắn bó của chất liệu hàn và như thế giảm độ bền của kết nối.

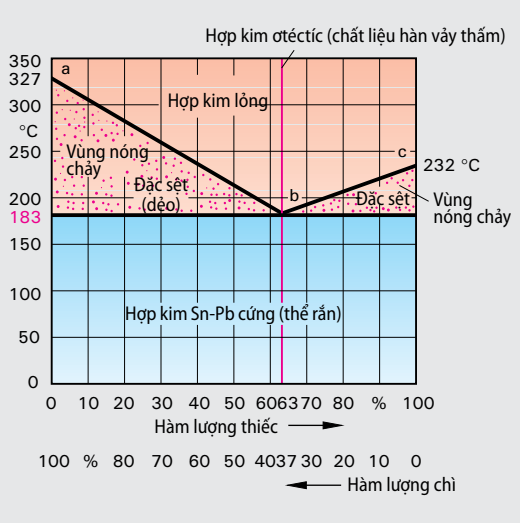
Chất liệu hàn vảy phải để đông đặc không có rung mạnh.



Hình 1: **Chiều cao dâng lên của chất hàn vảy phụ thuộc vào bề ngang của khe hở vảy hàn**



Hình 2: **Tác dụng mao dẫn ở hàn vảy**



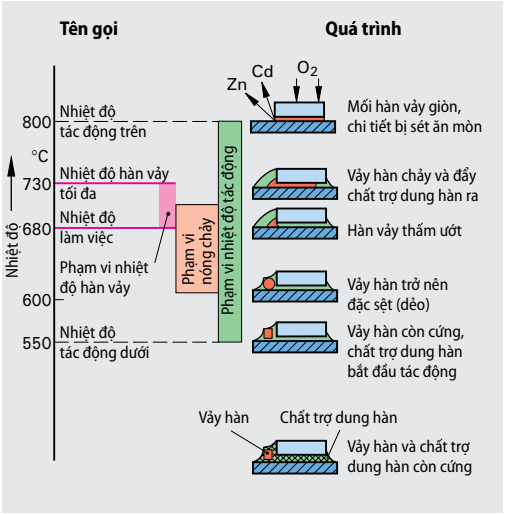
Hình 3: **Giản đồ hợp kim thiếc-chì**

Nhiệt độ làm việc của một vảy hàn là nhiệt độ bề mặt thấp nhất của chi tiết, ở đó chất liệu hàn **thấm ướt, chảy và hợp kim hóa**.

Ở nhiệt độ dưới nhiệt độ làm việc không có kết nối giữa vảy hàn và vật liệu nền (cơ bản) ("mối hàn lạnh"). Chất liệu hàn và mối hàn phải tối thiểu đạt đến nhiệt độ làm việc (**Hình 1**). Khi nhiệt độ làm việc vượt qua **nhiệt độ hàn vảy tối đa** tạo sét (gỉ sét vì oxit hóa) chi tiết và làm giòn vảy hàn. **Phạm vi nhiệt độ tác động** là phạm vi ở đó cho phép chất làm lỏng (chất trợ dung) thấm ướt chi tiết qua chất liệu hàn vảy (**Hình 1**).

Quy tắc làm việc

- Chi tiết và vảy hàn nên được nung nhanh và đều.
- Nhiệt độ làm việc và nhiệt độ hàn vảy tối đa giới hạn phạm vi nhiệt độ hàn vảy.
- Phạm vi nhiệt độ tác động của chất trợ dung phải lớn hơn phạm vi nhiệt độ hàn vảy.



Hình 1: Nhiệt độ hàn vảy quan trọng cho chất liệu hàn vảy L-Ag30Cd và chất trợ dung hàn FH10

3.7.4.2 Phương pháp hàn vảy

■ Phân loại phương pháp hàn vảy theo nhiệt độ hàn (Bảng 1)

Ở **hàn vảy mềm** nhiệt độ hàn nằm **dưới 450°C**. Hàn vảy mềm áp dụng khi cần thiết có kết nối kín hay kết nối có tính dẫn điện và không đặt yêu cầu cao cho khả năng tải hoặc khi chi tiết hàn vảy nhạy cảm với nhiệt. Qua thiết kế dạng kết nối cứng có thể tăng khả năng tải lên cao (**Hình 2**).

Ở **hàn vảy cứng** nhiệt độ hàn nằm **trên 450°C**. Kết nối bằng hàn vảy cứng có thể được thực hiện dưới dạng hàn đối đầu (hàn thẳng góc); mở rộng chiều sâu khe hở mối hàn làm tăng độ bền (Hình 2).

Hàn vảy với nhiệt độ cao là hàn vảy với khí bảo vệ hay trong chân không với nhiệt độ nằm **trên 900°C**.

Bảng 1: Phương pháp hàn vảy và nhiệt độ làm việc

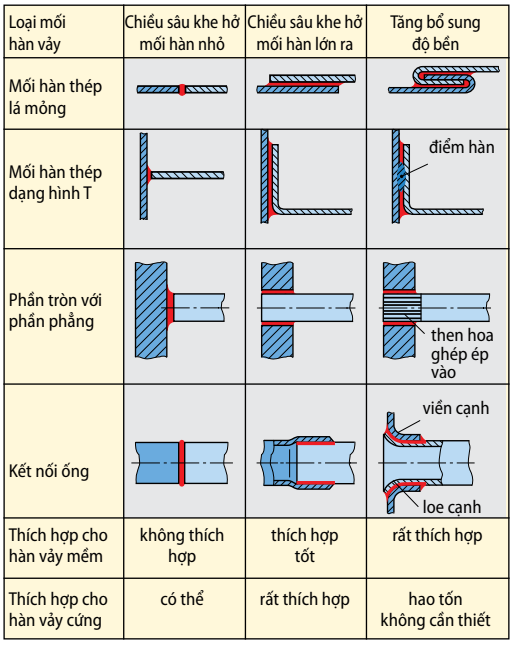
Hàn vảy mềm	Hàn vảy cứng	Hàn vảy nhiệt độ cao
dưới 450°C	**trên 450°C**	**trên 900°C**
với chất trợ dung hàn	với chất trợ dung hàn, với khí bảo vệ hay trong chân không	với khí bảo vệ hay trong chân không

■ Phân loại theo loại vảy hàn

Ở **hàn vảy với vảy hàn đặt sát vào,** chi tiết được nung nóng ở chỗ hàn với nhiệt độ hàn vảy. Sau đó chất vảy hàn được làm chảy ra khi chạm vào chi tiết.

Ở **hàn vảy với miếng vảy hàn được lót vào trong**, người ta nung nóng chi tiết cùng chung một lượng vảy hàn được định trước với nhiệt độ hàn vảy ở mối hàn.

Ở **hàn vảy nhúng** chi tiết được nung nóng trong bể vảy hàn chảy lỏng, nơi vảy hàn chảy lấp vào khe hở mối hàn.



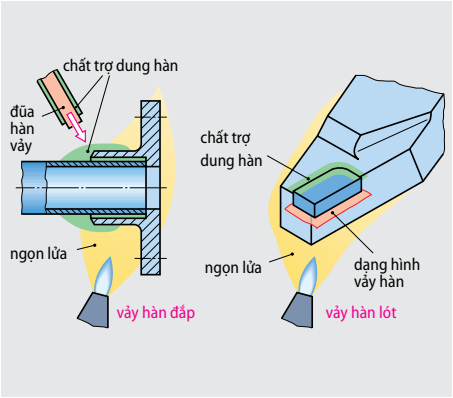
Hình 2: Phương pháp hàn và dạng của mối hàn vảy

Năng lượng tiêu thụ trong quá trình hàn

Theo **nguồn năng lượng để nung nóng** ta phân biệt

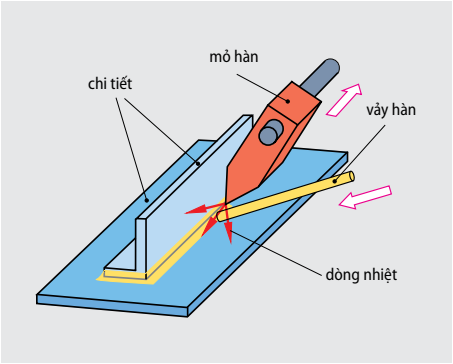
- Hàn vảy qua khí ga (hàn vảy bằng ngọn lửa, hàn vảy bằng lò)
- Hàn vảy qua vật thể rắn (hàn vảy bằng mỏ hàn, hàn vảy khối)
- Hàn vảy qua chất lỏng (bể vảy hàn, hàn vảy nhúng)
- Hàn vảy qua tia (hàn vảy bằng tia laser)
- Hàn vảy qua dòng điện (hàn vảy bằng điện trở, hàn vảy bằng cảm ứng).

Ở **hàn vảy bằng ngọn lửa** các chi tiết kết nối được nung nóng với ngọn lửa bằng khí ga. Chất vảy hàn được nạp vào khi chỗ hàn đạt nhiệt độ làm việc. Đặt miếng vảy hàn có dạng mối hàn vào chi tiết, như thế nhiệt dẫn vào phải truyền qua chi tiết chảy đến chất vảy hàn, nếu không chất vảy hàn sẽ bị nung quá lửa (**Hình 1**).



Hình 1: **Hàn vảy bằng ngọn lửa**

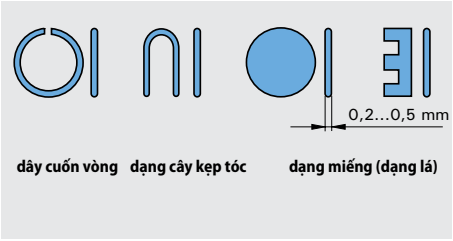
Ở hàn vảy bằng mỏ hàn chỗ hàn của chi tiết được làm nóng với một mỏ hàn (**Hình 2**). Hàn vảy bằng mỏ hàn chỉ thích hợp cho hàn vảy mềm. Mỏ hàn được đốt nóng bằng điện hay bằng chất khí (ga). Mỏ hàn có điều chỉnh nhiệt độ đặc biệt thuận lợi cho những công việc bị đứt quãng lâu hơn hay hàn vảy các cấu kiện có độ nhạy với nhiệt. Mũi mỏ hàn làm bằng đồng đỏ hay hợp kim đồng. Trước khi nung nóng mũi mỏ hàn phải được làm sạch các oxít hay qua mạ tráng lớp thiếc trước khi bắt đầu công việc hàn vảy.



Hình 2: **Hàn bằng mỏ hàn**

3.7.4.3 Vảy hàn

Vảy hàn được sử dụng là hợp kim, ít khi dùng kim loại tinh khiết, vì độ nóng chảy của nó nằm dưới độ nóng chảy của kim loại kết nối. Vảy hàn được chia ra làm vảy hàn mềm, vảy hàn cứng, vảy hàn tốc độ cao và vảy hàn cho vật liệu nhôm. Các vảy hàn được cung cấp dưới dạng khối, dạng băng, dạng dây, dạng hình vảy hàn cũng như dạng bột và dạng bột nhão (**Hình 3**).



Hình 3: **Hình dạng vảy hàn**

Vảy hàn mềm cho kim loại nặng được chia thành nhóm (**Bảng 1**).

Bảng 1: **Vảy hàn mềm cho kim loại nặng** (thí dụ)

Nhóm	Hợp kim số	Ký hiệu ngắn cho hợp kim	Nhiệt độ nóng chảy	Hướng dẫn sử dụng
Thiếc-chì	1	S-Sn63Pb37	183 °C	Kỹ thuật chính xác, kỹ thuật điện, điện tử
	3	S-Pb50Sn50	183...215 °C	Điện công nghiệp, mạ thiếc
	10	S-Pb98Sn2	329...325 °C	Chế tạo máy làm lạnh
Thiếc-chì-đồng	24	S-Sn97Cu3	230...250 °C	Chế tạo thiết bị điện, kỹ thuật chính xác
	26	S-Sn50Pb49Cu1	183...215 °C	
Thiếc-chì-bạc	28	S-Sn96Ag4	221 °C	Đặt đường ống đồng, thép không gỉ
	34	S-Pb93Sn5Ag	304...365 °C	Cho nhiệt độ làm việc cao

Vảy hàn cứng cho kim loại nặng được phân chia theo thành phần cấu tạo, ứng dụng và nhiệt độ làm việc (**Bảng 1**). Để hàn vảy nhiệt độ cao người ta sử dụng vảy hàn cứng với độ tinh khiết lớn, chủ yếu là hợp kim crôm-kền hay hợp kim bạc-vàng-paladi.

Bảng 1: Vảy hàn cứng cho kim loại nặng (các thí dụ)

Nhóm	Ký hiệu ngắn		Độ nóng chảy	Hướng dẫn sử dụng
	EN 1044	DIN EN ISO 3677		
Vảy hàn đồng đỏ	CU 104	B-Cu 100(P)-1085	1083 °C	Thép các loại, mảnh cắt hợp kim cứng
	CU 303	B-Cu60Zn 870/900	870...900 °C	Thép, Cu, Ni và hợp kim của nó
Vảy hàn cứng có chứa bạc	AG 207	B-Cu 48ZnAg 800/830	675...735 °C	
	AG 203	B- Ag 44 CuZn-675/735	675...735 °C	Thép,Cu,Ni và hợp kim của nó
	AG 304	B- Ag 40 ZnCdCu 595/630	595...630 °C	
Vảy hàn cứng có chứa lưu huỳnh	CP 105	B-Cu92Pag 650/810	650....810 °C	Đồng và hợp kim không có kền, **không** cho thép và vật liệu kền

Vảy hàn đồng gồm đồng không oxy hay hợp kim đồng với kẽm và thiếc. Nó được sử dụng để hàn vảy cứng cho vật liệu sắt, vật liệu đồng và vật liệu kền. Nhiệt độ hàn nằm trong khoảng 525°C và 1100°C.

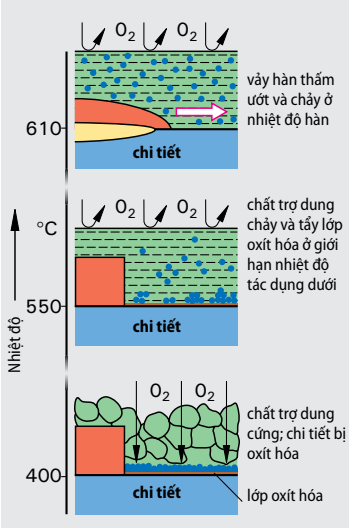
Vảy hàn cứng chứa bạc (**vảy bạc**) có nhiệt độ làm việc nhỏ hơn vảy hàn đồng. Nhiệt độ hàn nhỏ nhất đạt với vảy hàn có chứa Cađimi. Chất Cađimi rất độc, vảy hàn có chứa Cađimi chỉ được cho phép sử dụng trong trường hợp ngoại lệ có lý do và với các biện pháp phòng ngừa thích hợp.

Vảy hàn có chứa chất Cađimi, đặc biệt lúc quá nóng, có thể biến thành hơi độc.

3.7.4.4 Chất trợ dung hàn

Kim loại nung nóng kết hợp nhanh chóng với oxy tạo thành lớp oxít hóa. Lớp này hạn chế sự thấm ướt qua vảy hàn (**Hình 1**). Để giải quyết vấn đề lớp oxít hóa và ngăn ngừa sự oxít hóa tiếp theo người ta sử dụng chất trợ dung hàn khi hàn vảy. Cũng có thể ngăn ngừa oxít hóa qua hàn vảy dưới lớp khí bảo vệ hay trong chân không.

Chất trợ dung giải quyết vấn đề oxít hóa và ngăn ngừa oxít hóa tiếp theo.



Hình 1: Tác dụng của chất trợ dung hàn FH10

Sự chọn lựa chất trợ dung hàn phụ thuộc theo vật liệu nền hàn vảy và phương pháp hàn vảy, trước hết là theo nhiệt độ làm việc của vảy hàn được sử dụng. Sự tác dụng của chất trợ dung hàn phải được đưa vào sử dụng dưới nhiệt độ làm việc và vượt quá nhiệt độ hàn vảy tối đa. Do đó chất trợ dung hàn được phân chia theo **phạm vi nhiệt độ tác dụng** của nó.

Để đạt được hàn vảy chắc chắn ở toàn bộ diện tích kết nối (khe hở) mối hàn vảy, phần lớn là ngay trước khi chi tiết được hợp nhất người ta quét lên chỗ mối hàn chất trợ dung hàn lỏng hay nhão. Sau khi hàn vảy xong phải loại bỏ chất trợ dung hàn còn thừa, nếu không có thể xuất hiện tình trạng bị ăn mòn.

Quy tắc làm việc

- Trước khi hàn làm sạch chỗ mối hàn và quét với chất trợ dung hàn
- Sau khi hàn phải loại bỏ chất trợ dung hàn còn thừa
- Không nên để chất trợ dung dính vào da
- Chỗ làm việc phải thoáng gió

Ký hiệu của chất trợ dung thực hiện theo tiêu chuẩn quốc tế qua các con số cho loại chất trợ dung hàn, chất nền trợ dung hàn và chất trợ dung kích hoạt cũng như ký hiệu chữ A cho dạng lỏng, chữ B cho dạng cứng và chữ C cho dạng sệt (dẻo, nhão) (**Bảng 1**). Ký hiệu từ trước đến nay có chữ F cho chất trợ dung, S cho kim loại nặng, L cho kim loại nhẹ và H cho hàn vảy cứng (**Bảng 2**).

Bảng 1: **Chất trợ dung để hàn vảy mềm** (Những thí dụ)

Loại	Chất cặn	Thành phần cấu tạo, hướng dẫn sử dụng
3.2.2.A (F-SW 11)	ăn mòn mạnh	Dung dịch chứa axít của clorít kẽm và amoniac clorít (nước hàn vảy), cho bề mặt bị oxít hóa mạnh. Chất cặn phải rửa sạch
2.2.1.C (F-SW 21)	ăn mòn nhẹ	Hỗn hợp dạng bột nhào từ clorít kẽm và amoniacclorít với dầu hữu cơ hay mỡ (mỡ hàn vảy), chủ yếu cho hàn vảy đồng. Chất cặn phải được loại bỏ với dung môi
1.1.1.B (F-SW 31)	không ăn mòn	Rê sin (còn gọi là nhựa thông) tự nhiên hay rê sin tổng hợp (nhựa thông) chủ yếu cho kỹ thuật điện và điện tử, chất cặn không cần loại bỏ.

Bảng 2: **Chất trợ dung để hàn vảy cứng** (Những thí dụ)

Loại	Nhiệt độ tác dụng	Thành phần cấu tạo, hướng dẫn sử dụng
FH 11	550^{0}C...800^{0}C	Chất trợ dung hàn có chứa flo và bor cho hàn vảy với nhiệt độ hàn từ 600^{0}C đến 750^{0}C. Chất cặn ăn mòn mạnh
FH21	750^{0}C...1100^{0}C	Chất trợ dung có chứa chất bor (borax) cho hàn với nhiệt độ hàn trên 800^{0}C. Các chất cặn dạng thủy tinh có tác dụng hút nước và ăn mòn

3.7.4.5 Thí dụ của một công việc hàn

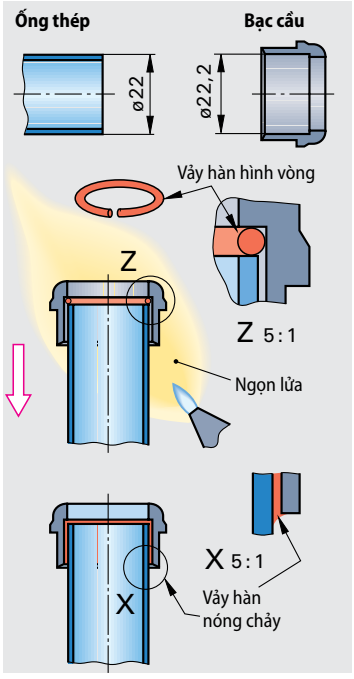
Một ống dẫn khí cho áp lực cao bằng thép kéo nguội láng có thành mỏng được kết nối với một bạc lót hình cầu bằng hợp kim đồng kẽm G-CuZn15 (thau) (**Hình 1**).

Phương pháp hàn vảy. Từ lý do an toàn và vì tải cao của đầu mút đường ống, cần phải chọn phương pháp hàn vảy cứng.

Vảy hàn và chất trợ dung hàn. Để giữ sức bền của ống thép vảy hàn phải có nhiệt độ hàn thấp. Chất AG106 được chọn. Chất trợ dung hàn phù hợp là F-SH1 dạng bột nhão.

Quy trình gia công. Dây vảy hàn với đường kính 1,5 mm được uốn thành vòng (Hình 1), thoa (bôi) chất trợ dung hàn và đặt vào bạc lót. Ống thép cũng được thoa với chất trợ dung và đẩy vào bạc lót. Sự khác biệt của đường kính giữa ống thép và bạc lót là 0,2 mm tạo ra một khe mối hàn là 0,1 mm.

Để hàn, khoảng hở phần hàn được đặt thẳng đứng và nung nóng với ngọn lửa sao cho ống và bạc lót có thể đạt nhiệt độ hàn 710^{0}C cùng một lúc. Đến khi vảy hàn chảy, bạc lót hạ xuống dưới và khe hở mối hàn vảy được lấp đầy qua tác dụng của mao dẫn. Trong lúc vảy hàn đông đặc bắt buộc phải tránh sốc, nếu không sức bền của kết cấu không được bảo đảm. Sau khi làm nguội mối hàn được tẩy mòn oxít và chất trợ dung hàn còn dư bằng dung dịch axít sulfuric 10% đậm đặc. Tiếp theo người ta rửa nhiều lần qua nước lạnh, để khô và thoa nhẹ dầu chống sét.



Hình 1: **Thí dụ hàn vảy**

Ôn tập và đào sâu

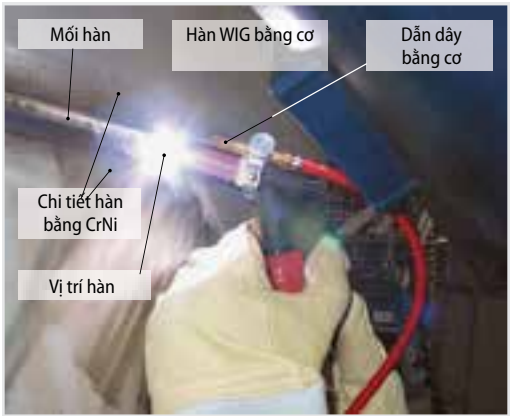
1 Người ta hiểu thế nào về hàn vảy?
2 Những yêu cầu gì có thể đặt ra cho một mối hàn vảy?
3 Ta hiểu gì về nhiệt độ hàn của một chất trợ dung hàn?
4 Do đâu phân biệt hàn vảy mềm và hàn vảy cứng?
5 Chất trợ dung hàn có nhiệm vụ gì?
6 Tại sao chất trợ dung hàn còn dư phần lớn phải loại bỏ?

3.7.5 Hàn

Hàn là kết nối vật liệu (cứng) của hai chi tiết với nhau (**Hình 1**). Ở đây vật liệu được điền vào khoảng hở mối hàn qua nhiệt hay ma sát trong trạng thái lỏng hay đàn hồi. Ở hầu hết các phương pháp hàn, vật liệu bổ sung phải được điền đầy vào khe hở mối hàn.

Vì tính chất đặc biệt của nó, hàn được sử dụng nhiều trong phạm vi kỹ thuật, thí dụ như trong sản xuất thiết bị, thiết kế kết cấu thép và kết cấu vật liệu nhẹ, xây dựng cầu, xe hơi, các bệ thân máy và sản xuất các bồn chứa cũng như cho các bộ phận bằng chất dẻo (hàn chất dẻo, trang 322)

Kết nối hàn là kết nối bằng vật liệu và không thể tháo ra được.



Hình 1: **Hàn một mối hàn**

Ưu điểm và khuyết điểm của hàn

Ưu điểm

- Hàn tạo điều kiện đa dạng hóa các khả năng tạo hình và khả năng thiết kế, sắp đặt.
- Sự chồng lên và cấu kiện kết nối thêm thí dụ như vít, được loại bỏ.
- Sức bền của mối hàn thường lớn hoặc lớn hơn của chi tiết hàn.
- Các mối hàn tạo kết nối kín và không tháo ra được.

Khuyết điểm

- Tinh thể thay đổi ở vùng hàn có thể làm giảm sức bền của chi tiết hàn.
- Sự cong vênh (méo) và sự co ngót của chi tiết hàn phải được chú ý.
- Không phải tất cả các vật liệu đều thích hợp để hàn.
- Vật liệu khác nhau không thể hàn được với nhau hoặc chỉ giới hạn trong điều kiện nhất định.

3.7.5.1 Phân loại phương pháp hàn

Có hàng loạt phương pháp hàn được được phân loại theo DIN EN ISO 4063 trong các nhóm chính là hàn hồ quang, hàn điện trở, hàn hơi, hàn ép, hàn bằng tia và các phương pháp hàn khác (**Bảng 1**).

Ở **phương pháp hàn nóng chảy**, thí dụ như ở hàn hồ quang hay hàn hơi, chi tiết được nung nóng tại mối hàn. Ở **phương pháp hàn ép** thí dụ như hàn ma sát, chỗ hàn được nung nóng đến trạng thái nhão. Tiếp theo các phần giáp mối kết dính với nhau qua ép.

Phương pháp hàn có thể phân loại tiếp tục theo

- **Vật liệu hàn** thí dụ như hàn kim loại và hàn chất dẻo
- **Mục đích của hàn** thí dụ như hàn kết nối hoặc hàn đắp
- **Loại gia công** thí dụ như hàn bằng tay hay tự động

Bảng 1: **Phân loại phương pháp hàn theo DIN EN ISO 4063 (Lựa chọn)**

	Chỉ số
Hàn hồ quang	**1**
• Hàn hồ quang bằng tay	111
• Hàn dưới lớp thuốc bột	12
• Hàn hồ quang trong khí bảo vệ điện cực vonfram	14
• Hàn hồ quang plasma	15
Hàn điện trở	**2**
• Hàn điểm	21
• Hàn lăn	22
• Hàn nổi	23
Hàn nóng chảy bằng khí ga	**3**
• Hàn gió đá	311
Hàn ép	**4**
• Hàn bằng siêu âm	41
• Hàn ma sát	42
Hàn bằng tia	**5**
• Hàn bằng tia điện	51
• Hàn bằng tia laser	751
Phương pháp hàn khác	**7**
• Hàn bù long	78

3.7.5.2 Cấu hình các mối hàn

Trong một thiết kế hàn những loại liên kết **mối hàn**, vị trí hàn và trình tự hàn được quy định đặc biệt trong các kế hoạch hàn. Ở những chi tiết mà sự an toàn là quan trọng thì phải đảm bảo chúng được hàn suốt (liên tục) qua toàn bộ tiết diện. **Tính phù hợp với hàn** (**Tính chịu hàn**) **của một chi tiết** tùy thuộc vào khả năng hàn được của vật liệu, an toàn khi hàn của thiết kế và hàn được trong sản xuất.

■ Mối hàn và hình dạng (đường hàn)

Mối hàn là sự sắp xếp các chi tiết được hàn với nhau (**Hình 1**).

Hình dạng của đường hàn tùy thuộc vào loại liên kết hàn, bề dày của chi tiết kết nối và phương pháp hàn. Các hình dạng mối hàn quan trọng nhất là mối hàn giáp mối, mối hàn I, mối hàn V, mối hàn T, mối hàn X và mối hàn U (**Hình 2**). Các mối hàn được thể hiện qua ký hiệu trên bản vẽ. Ở một vài dạng mối hàn phải được vạt mép cạnh tương ứng với yêu cầu cho mối hàn giáp mối của chi tiết. Các cạnh vạt được thực hiện qua phay hay cắt bằng tia (trang 108).

■ Ký hiệu ở các đường hàn

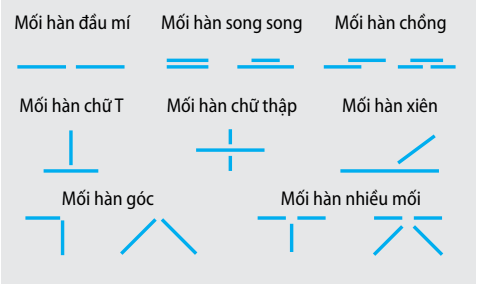
Độ lớn đặc trưng quan trọng ở các mối hàn là bề dày mối hàn. Nó tương ứng với chiều cao mối hàn ở mối hàn V và mối hàn T (thẳng góc) (Hình 2). Mối hàn lớn được hàn qua nhiều lớp (**Hình 3**). Sau đường hàn đáy phải thực hiện đường hàn đắp và đường hàn phủ.

Nếu có yêu cầu bề mặt láng thì phải mài loại bỏ vùng nhô lên trong phạm vi đường hàn đáy và đường hàn phủ. Ở đây phải lưu ý sao cho không có vết khía ở vùng chuyển tiếp giữa mối hàn và vật liệu cơ bản.

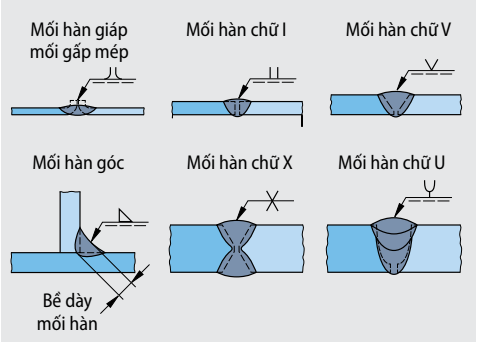
■ Vị trí hàn

Vị trí hàn được tiêu chuẩn hóa trong DIN EN ISO 6947 (**Hình 4**). Các mối hàn được hàn dễ dàng nhất ở vị trí bằng phẳng (vị trí hàn lấp). Với gá hàn chi tiết hàn được kẹp và các khe hở hàn ở vị trí bằng phẳng có thể được xoay tạo thuận lợi đáng kể cho việc hàn. Ngược lại, đối với những chi tiết lớn trên công trình xây dựng thì thường phải được hàn trong **vị trí bắt buộc** thí dụ như hàn trên trần (hàn qua đầu, hàn ngang). Do đó thường được sử dụng que hàn đặc biệt. Các công việc như vậy đòi hỏi cao về kỹ năng của người hàn.

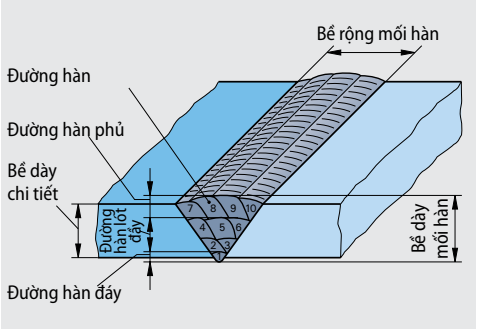
> Trong nhiều công việc hàn chỉ cho phép sử dụng thợ hàn đã qua kiểm tra tay nghề.
> Kiểm tra về hàn được tiêu chuẩn hóa và phải thường xuyên lặp lại.



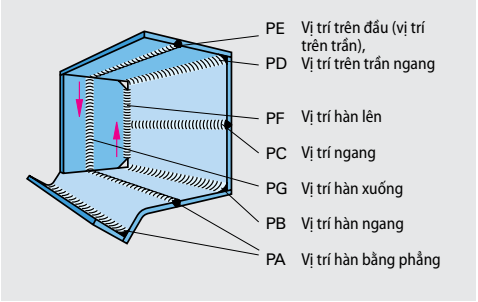
Hình 1: Các loại mối hàn ở hàn và hàn vảy



Hình 2: Hình dạng đường hàn



Hình 3: Tên mối hàn ở thí dụ một mối hàn dày chữ V



Hình 4: Các vị trí hàn

3.7.5.3 Hàn hồ quang

Hàn hồ quang gồm có các phương pháp hàn hồ quang tay, hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ, (Trang 222), hàn hồ quang plasma, hàn hồ quang dưới lớp thuốc. Nguồn nhiệt là hồ quang giữa que hàn và chi tiết.

■ Hàn hồ quang tay

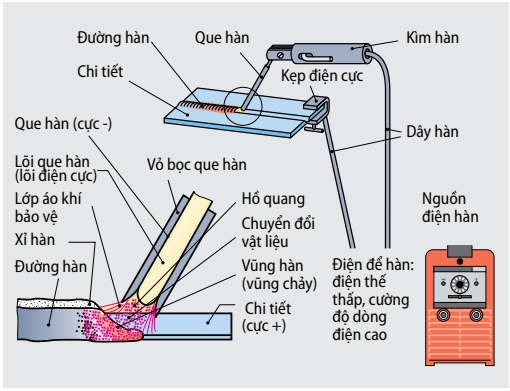
Hàn hồ quang tay bao gồm mạch điện hồ quang giữa que hàn và chi tiết (**Hình 1**). Sự phân cực tùy thuộc theo vỏ bọc của que hàn sử dụng. Thông thường được hàn với dòng điện một chiều và que hàn gắn vào cực âm. Điều này dẫn đến một sự đánh lửa tốt, một sự thấm thấu hẹp và sâu cũng như ít làm nóng que hàn. Qua nhiệt độ cao của hồ quang, cả những cạnh của mối hàn lẫn que hàn dần bằng tay đều bị nung nóng chảy ở vùng hàn. Sự nóng chảy được bảo vệ bởi lớp áo khí ga và xỉ chống oxít hóa. Sự nóng chảy khi nguội tạo thành mối hàn.

Nguồn dòng điện hàn. Trong nguồn điện hàn, điện xoay chiều lấy từ điện lưới với điện thế 230V đến 400V phải được chuyển đổi thành dòng điện hàn từ 15V đến 30V. Khi hàn với điện một chiều điện xoay chiều được biến đổi thành dòng điện một chiều.

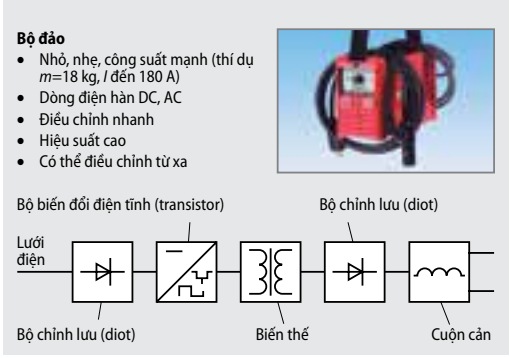
Bộ đảo là thiết bị hàn điện tử hiện đại, kích thước cấu kết nhỏ khả năng tạo các dòng điện và công suất cao. Nó tạo bên cạnh dòng điện một chiều còn dòng điện sin hoặc dòng điện xoay chiều dạng thẳng góc và cho phép khả năng điều chỉnh đa dạng (**Hình 2**).

Đường đặc trưng (Đặc tuyến) dòng-điện áp chỉ sự liên quan giữa cường độ dòng điện và điện thế của nguồn dòng điện hàn. Ở hàn hồ quang, đặc tuyến nên là một đường càng dốc càng tốt. Như thế sự thay đổi chiều dài không mong muốn của hồ quang vì thợ hàn chỉ gây tác động ít hay dao động nhỏ vào dòng điện hàn (dòng điện không thay đổi), trong khi điện thế được tự động điều chỉnh cho phù hợp. Ở nguồn điện, cường độ dòng điện hàn được chỉnh và như thế xác định được một đường đặc trưng từ một nhóm đặc tuyến. Điểm cắt của đường đặt trưng này với đường đặc trưng điện trở của hồ quang là điểm làm việc. Trong quá trình hàn nó tác dụng cường độ dòng điện và điện thế (**Hình 3**).

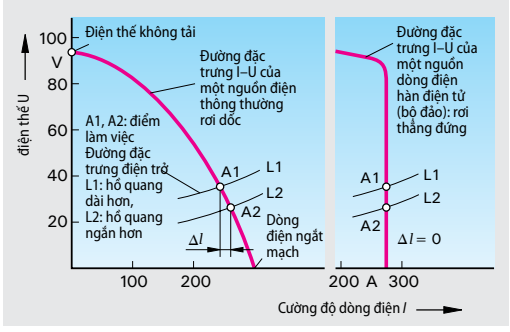
Điện thế không tải của một nguồn dòng điện hàn là điện thế của thiết bị được đóng điện không tải. Những điện thế không tải là vì hạn chế bởi lý do an toàn (**Bảng 1**).



Hình 1: Thiết bị hàn hồ quang tay



Hình 2: Nguồn điện hàn điện tử hiện đại với kỹ thuật bộ đảo, sơ đồ khối



Hình 3: Đường đặc trưng dòng - điện áp của nguồn dòng điện hàn thông thường và điện tử

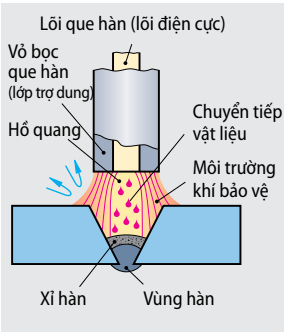
Bảng 1: Điện thế không tải

Điều kiện vận hành	Loại điện	
	Điện một chiều	Điện xoay chiều
Vận hành bình thường	< 113V	< 80 V
trong nồi hơi và không gian hẹp	< 100 V	< 40 V
thiết bị liên hợp mới	< 113 V	< 48 V

Que hàn. Que hàn gồm **dây lõi** (**lõi điện cực**) và **vỏ bọc** (**lớp trợ dung**) (**Hình 1**). Lúc chảy lỏng que hàn này sinh một lớp khí làm vỏ bảo vệ. Nó ổn định hồ quang, che chắn quá trình chuyển tiếp của vật liệu chảy lỏng và vùng hàn chống lại với không khí xung quanh (**Hình 2**). Vỏ bọc que hàn chảy lỏng nổi trên mối hàn là xỉ hàn. Nó ngăn ngừa ăn mòn ở nhiệt độ cao và làm nguội nhanh của mối hàn. Sự biến dạng co và sự tôi cứng của phạm vi mối hàn được giảm. Vỏ bọc que hàn chủ yếu chứa thành phần hợp kim nhằm cải thiện độ bền và độ dai của mối hàn.

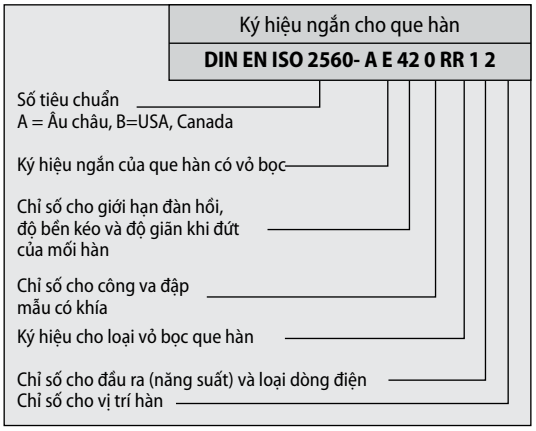
Đặc trưng. Tính chất của que hàn có thể đọc được từ ký hiệu ngắn đã chuẩn hóa (**Hình 3**). Có 4 loại vỏ bọc cơ bản **R, B, C, A** (**Bảng 1**)**,** các loại hỗn hợp RA, RB, RC, RR cũng như các bề dày vỏ bọc que hàn khác nhau. Mỗi loại que hàn có tính chất hàn riêng cho các công việc hàn điển hình.

Hồ quang. Hồ quang được đánh lửa qua chạm ngắn chi tiết với que hàn. Qua việc kéo lại vài milimét, que hàn nhận được chiều dài đúng cho hàn. Động năng của điện tử va chạm vào cực dương làm tăng nhiệt độ. Ở cực âm phát sinh một nhiệt độ khoảng 3600^{0}C, ở cực dương nơi thường đặt ở chi tiết, nhiệt độ vào khoảng 4200^{0}C.



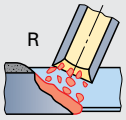
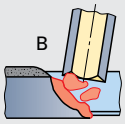
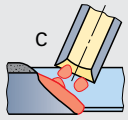
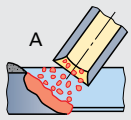
Hình 1: **Quá trình nóng chảy một que hàn**

Hình 2: **Hàn hồ quang tay**



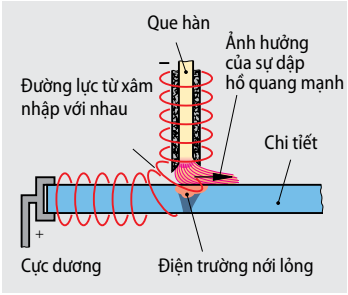
Hình 3: Ký hiệu ngắn của que hàn

Bảng 1: **Các loại vỏ bọc cơ bản của que hàn**

	Hồng toan (Titandioxid, TiO_2)	**Kiềm**	**Xenlulo**	**Chua**
Giọt vật liệu lỏng nơi chuyển tiếp	nhỏ giọt mịn nơi chuyển tiếp vật liệu 	nhỏ giọt thô nơi chuyển tiếp vật liệu 	nhỏ giọt mịn nơi chuyển tiếp vật liệu 	nhỏ giọt rất mịn nơi chuyển tiếp vật liệu 
Hợp phần	Hồng toan TiO_2 45% Thạch anh SiO_2 20% Fe-Mn 15% Quặng sắt từ Fe_3O_4 10% Vôi $CaCO_3$ 10% Thủy tinh lỏng	Huỳnh thạch CaF_2 45% Vôi $CaCO_3$ 40% Thạch anh SiO_2 10% Fe-Mn 5% Thủy tinh lỏng	Xenlulo 40 % Thạch anh SiO_2 25% Hồng toan TiO_2 20% Fe-Mn 15% Thủy tinh lỏng	Quặng sắt từ Fe_3O_4 50% Thạch anh SiO_2 20% Fe-Mn 20% Vôi $CaCO_3$ 10% Thủy tinh lỏng
Ưu điểm	• dễ hàn • mối hàn phẳng, đẹp • có thể chạy với AC và DC	• mối hàn hơi gồ lên • chất lượng cơ học cao • chủ yếu là DC +	• thâm nhập sâu • tất cả các vị trí, đặc biệt giảm • chất lượng cơ học tốt	• thâm nhập mạnh • mối hàn phẳng, láng • chất lượng cơ học trung bình
Khuyết điểm	• có thể không thích hợp với một số vị trí • giá trị chất lượng cơ học kém hơn điện cực kiềm • khả năng bắc cầu khe hàn kém	• hơi khó hàn hơn • nên được sấy khô lại • nhiều khói	• rất khó hàn • không phù hợp cho tất cả máy hàn • nhiều khói	• chỉ thích hợp hạn chế cho những trường hợp khó hàn. • xu hướng tạo vết nứt

Sự dập hồ quang (Tác dụng thổi). Trong hàn hồ quang hồ quang bị lệch do ảnh hưởng của trường điện từ, tự hình thành chung quanh dây dẫn điện mỗi lần dòng điện chạy qua. Que hàn đứng thẳng trên chi tiết, đường lực ở trong vòng cong hướng về phía cực bị đẩy vào nhau và nới lỏng ở phía đối diện. Trong phạm vi nới lỏng này hồ quang sẽ chệch hướng (**Hình 1**).

Sự tác dụng dập hồ quang chủ yếu xảy ra trong khi hàn với dòng điện một chiều, đặc biệt là trong hàn thép. Nó có thể mạnh đến mức không thể hàn được. Việc giảm bớt tác dụng thổi có thể đạt được qua cách đặt kẹp cực ở chi tiết, thay đổi chiều hàn, sử dụng que hàn có vỏ bọc dày, độ dốc của que hàn so với hướng thổi hay qua hàn với dòng điện xoay chiều.



Hình 1: **Ảnh hưởng của sự dập hồ quang**

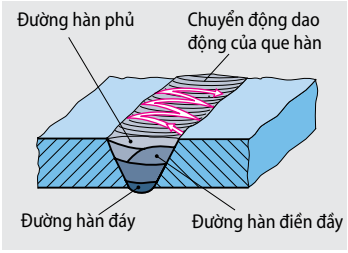
■ Kỹ thuật làm việc của hàn hồ quang bằng tay

Loại và đường kính của que hàn được xác định bởi bề dày nguyên liệu, vật liệu của chi tiết và loại hàn (hàn kết nối hay hàn đắp). Khi hàn, **que hàn nóng chảy** phải được bổ sung liên tục để chiều dài hồ quang không thay đổi. Bằng cách dẫn hướng tương ứng của que hàn, người ta có thể ảnh hưởng đến hướng và áp lực của hồ quang để bể kim loại nóng chảy tiếp tục chảy không theo hướng hàn. Tránh xỉ tạp và lỗi kết nối hàn. Đoạn còn dư của que hàn nóng chảy đạt nhiệt độ nung đỏ có nghĩa là dòng điện hàn bị chỉnh quá lớn. Nếu dòng điện hàn này quá nhỏ, hồ quang có thể được đánh lửa kém và được giữ (kềm lại) và xỉ lỏng làm cản trở sự kết nối của một mối hàn bình thường.

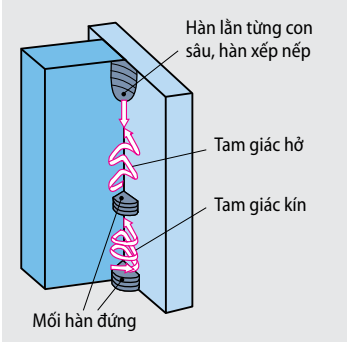
Ở hàn hồ quang tay, chiều dài hồ quang nên tương đương với đường kính lõi của que hàn.

Khoảng hở mối hàn lớn được hàn nhiều lớp (**Hình 2**). Xỉ của đường hàn trước phải được loại bỏ hoàn toàn. Lớp hàn phủ được hàn với chuyển động dao động ngang.

Hàn đứng được hàn với động tác di chuyển đặc biệt của que hàn (**Hình 3**).



Hình 2: **Lớp đường hàn**



Hình 3: **Dẫn hướng que hàn ở một đường hàn đứng**

Quy tắc làm việc cho hàn hồ quang tay

- Phải thực hiện việc hàn với quần áo và giày bảo hộ lao động phù hợp: giày an toàn, quần áo da với bảo vệ cổ, với lá chắn bảo vệ bên.
- Cấm hàn khi tay và thân trên không được che phủ. Tia hồ quang sẽ làm hại mắt và hại da, các hạt kim loại nóng chảy bắn tóe ra làm phỏng da.
- Ở hàn hồ quang tay, chỗ làm việc phải che chắn sao cho người khác không bị tổn hại bởi các tia (bị chóa mắt)
- Xỉ trên mối hàn được loại bỏ sau khi để nguội, như vậy phạm vi mối hàn có thể nguội từ từ. Ngay cả công việc này cũng cần sử dụng lá chắn.

Ôn tập và đào sâu

1 Nguồn điện nào phù kợp cho hàn hồ quang?
2 Tiêu chí nào phải lưu ý khi lựa chọn que hàn?
3 Vỏ bọc que hàn có chức năng gì khi hàn?
4 Làm thế nào để giảm tác dụng dập hồ quang khi hàn?

3.5.7.4 Hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ

Các phương pháp hàn trong môi trường khí bảo vệ quan trọng là hàn MIG, hàn MAG, hàn WIG (TIG) và hàn hồ quang plasma. Tất cả các phương pháp hàn trong môi trường khí bảo vệ, hồ quang và bể kim loại nóng chảy (vũng hàn) được ngăn che chống không khí bằng khí bảo vệ. Qua đó có thể sử dụng các dây hàn (thường có đường kính từ 0,8 mm đến 2 mm) làm vật liệu hàn bổ sung. Người ta phân biệt phương pháp hàn bằng điện cực nóng chảy và phương pháp hàn điện cực không nóng chảy vonfram (**Bảng 1**). Việc sử dụng khí bảo vệ tùy thuộc vào vật liệu và phương pháp hàn. Khí bảo vệ sử dụng như là các khí trơ (phản ứng chậm) (Ar, He), các loại khí khử (H_2), các loại khí oxy hóa (CO_2) và các loại khí hỗn hợp (**Bảng 2**). Các khí trơ ứng dụng để hàn đặc biệt cho hàn kim loại không chứa sắt và thép chống mài mòn Cr-Ni, khí kích hoạt chủ yếu cho thép carbon. Khí kích hoạt là khí dễ phản ứng thí dụ như CO_2 và khí hỗn hợp hoặc khí kích hoạt "corgon 18" (khí argon +18% CO_2) được sử dụng thường xuyên.

Hàn hồ quang kim loại trong môi trường khí bảo vệ (**MIG, MAG**)

Trong hàn MIG /MAG (theo ISO 857-1 Hàn hồ quang kim loại trong môi trường khí bảo vệ), một hồ quang dòng điện một chiều cháy giữa cực dương của dây điện cực và chi tiết (**Hình 1**). Dây hàn nóng chảy được dẫn từ một cuộn dây trên một thiết bị dẫn tiến qua bộ cáp dây đến đầu hàn (đầu súng hàn). Bước dẫn tiến của dây hàn (Tốc độ cấp dây) tùy thuộc vào tốc độ nóng chảy. Trong đầu hàn, dòng điện hàn được truyền ngay trước hồ quang qua béc điện tiếp xúc vào dây điện cực. Tại đoạn ngắn ở cuối dây nhô ra ngoài, mật độ dòng điện cao vì tiết diện dây của điện cực nhỏ. Qua đó hàn đạt được công suất nóng chảy cao và độ thâm nhập sâu. Dây điện cực đặc hay dây điện cực nhồi (lõi) sử dụng làm vật liệu bổ sung. Lõi (nhân) chứa chất khoáng của dây điện cực nhồi tạo ra một lớp xỉ trên mối hàn để bảo vệ trước sự oxy hóa và tôi (biến) cứng bề mặt.

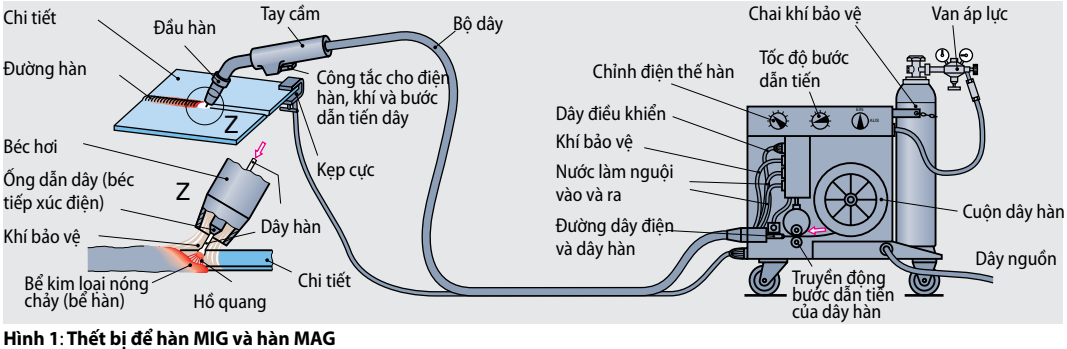
Sự điều chỉnh. Dòng điện hàn và bước dẫn tiến dây (tốc độ cấp dây) được điều chỉnh trước khi hàn. Nó tùy thuộc vào vật liệu, khí bảo vệ, bề dày của chi tiết và đường kính của dây. Ở những thiết bị hàn hiện đại, các thông số khác nhau thí dụ như dòng điện cơ bản và dòng điện cao hoặc tần số xung điều chỉnh được cũng như các chương trình hàn đặc biệt, trong đó vật liệu và độ dày nguyên liệu hàn được lập trình sẵn, chỉ cần gọi ra để áp dụng. Phương pháp hàn MIG/MAG rất phù hợp cho hàn tự động.

Bảng 1: Quá trình hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ

		Ký hiệu
Hàn hồ quang kim loại trong môi trường bảo vệ với que hàn nóng chảy	Quá trình hàn bằng điện cực nóng chảy trong môi trường khí hoạt tính	**MAG**
	Quá trình hàn bằng điện cực nóng chảy trong môi trường khí trơ	**MIG**
Hàn bằng điện cực không nóng chảy Vonfram trong khí trơ	Hàn bằng điện cực không nóng chảy Vonfram trong khí trơ	**WIG**
	Hàn hồ quang plasma với điện cực không nóng chảy Vonfram	**WP**

Bảng 2: Các loại khí bảo vệ và ứng dụng

Ký hiệu	Nhóm khí	Thành phần hỗn hợp	Ứng dụng
R	Khí khử hỗn hợp	$Ar + H_2$	WIG, WP
I	Khí trơ và khí hỗn hợp	Ar, He $Ar + He$	MIG, WIG WP
M1	Khí hỗn hợp oxy hóa yếu	$Ar + O_2$ $Ar + CO_2$	MAG
M2	↓	$Ar + CO_2$ $Ar + O_2$	
M3		$Ar + CO_2 + O_2$	
C	oxy hóa mạnh	$CO_2 + O_2$	



Hình 1: **Thết bị để hàn MIG và hàn MAG**

Quá trình chuyển tiếp vật liệu

Vật liệu nóng chảy ở điện cực thành dạng giọt đi qua trên chi tiết và tan chảy ở đó thành đường hàn (mối hàn). Loại hồ quang sẽ xác định giọt vật liệu chuyển tiếp như thế nào, trong đó tùy theo khoảng cách của điện cực và kích cỡ của giọt mà có thể xảy ra tình trạng tiếp xúc ngắn hạn hay ngắn mạch giữa điện cực và chi tiết (**Bảng 1**).

Bảng 1: Các loại hồ quang

Loại/ký hiệu ngắn	Vật liệu chuyển tiếp	Phạm vi sử dụng
Hồ quang phun (s)	giọt kim loại nóng chảy mịn, không ngắn mạch	năng suất lắng cao ở lớp hàn điền đầy ngang; cho thép lá trung bình và thô
Hồ quang dài (l)	giọt kim loại nóng chảy thô, không ngắn mạch	
Hồ quang ngắn (k)	giọt kim loại nóng chảy mịn trong ngắn mạch	cho vị trí hàn khó tiếp cận, thép mỏng
Hồ quang xung (p)	Có thể điều chỉnh được, ngắn mạch chắc chắn	cho thép Cr-Ni và hợp kim nhôm

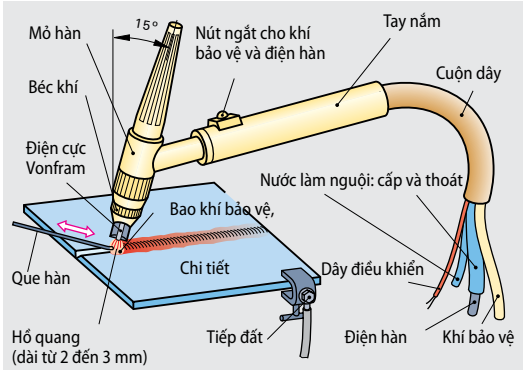
Dòng điện một chiều có thể dẫn đến hồ quang phun, hồ quang dài hay hồ quang ngắn. Với dòng điện xung (Trang 224), vật liệu đạt đến tình trạng chuyển tiếp không ngắn mạch với xu hướng bắn tóe ít. Hàn với xung hồ quang được sử dụng cho tất cả các vật liệu dày, thép hợp kim, kim loại nhẹ, thép lá mỏng và hàn ở vị trí khó khăn. So sánh với hàn điện một chiều việc sử dụng xung điện hàn rõ ràng tạo ra ít nhiệt hơn ở chi tiết dẫn đến ứng suất méo và ứng suất co ngót nhỏ hơn.

Phương pháp hàn. Ở hàn MIG (**M**etal **I**nert **G**as) khí argon hay khí helium được sử dụng làm khí trơ bảo vệ (phản ứng chậm). Khí bảo vệ này là cần thiết để hàn kim loại không sắt, hợp kim nhôm và thép hợp kim cao.

Ở hàn MAG (**M**etal-**A**ctive-**G**as) người ta sử dụng khí bảo vệ hoạt tính (có khả năng phản ứng kích hoạt). Thuộc về loại này gồm có khí CO_2 (Ký hiệu là **MAGC**) và khí hỗn hợp argon với CO_2 và O_2 (**MAGM**). Các khí bảo vệ này ảnh hưởng đến việc chuyển tiếp vật liệu ở trong hồ quang, chiều sâu ngấu (chiều sau thâm nhập), hình dạng mối hàn và sự tạo thành kim loại nóng chảy văng ra. Khuyết điểm của khí hoạt tính là sự cháy hoàn toàn của thành phần hợp kim và qua đó giảm sức bền của đường hàn (mối hàn). Qua sự lựa chọn thích hợp vật liệu bổ sung có thể tác dụng ngược lại. Quá trình hàn MAG được sử dụng để hàn thép hợp kim và không hợp kim với tốc độ nóng chảy cao.

Hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ Vonfram

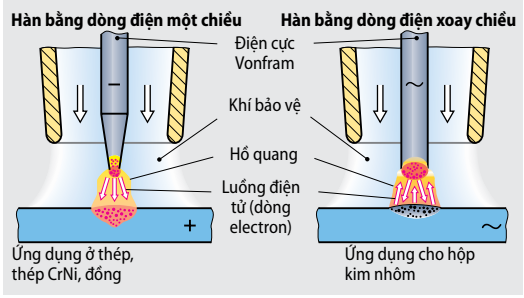
Gồm hàn Vonfram trong khí trơ (hàn **WIG**) và hàn **p**lasma **v**onfram (hàn **WP**). Hai quá trình hàn này làm việc với với điện cực Vonfram không nóng chảy. Que hàn với vật liệu bổ sung cho hồ quang phần lớn được dẫn bằng tay và nóng chảy từ đó. Thiết bị hàn gồm một nguồn điện hàn, có thể được chuyển sang một chiều hoặc xoay chiều, và một mỏ hàn với nguồn điện hàn được kết nối qua bộ dây hàn. Trong bộ dây hàn là điện hàn và dây mạch điều khiển, ống khí bảo vệ và ống cấp/thoát nước làm nguội ở mỏ hàn lớn (**Hình 1**). Khí bảo vệ sử dụng là khí trơ argon và helium hay hỗn hợp hai khí đó.



Hình 1: Mỏ hàn WIG

Điện một chiều, điện xoay chiều hay dòng điện mạch động có thể sử dụng ở hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ (**Hình 1 trang 224**). Qua một **dòng điện mạch động** người ta đạt được một mối nối bắc cầu khe hở và hàn an toàn ở vị trí khó. Lỗi mối hàn ở cuối đường hàn, thí dụ như ở hàn ống, được ngăn ngừa qua việc giảm dòng điện xuống chậm.

Hàn bằng dòng điện một chiều WIG với điện cực âm Vonfram được sử dụng chủ yếu cho hàn thép hợp kim cũng như kim loại không sắt và hợp kim của nó.



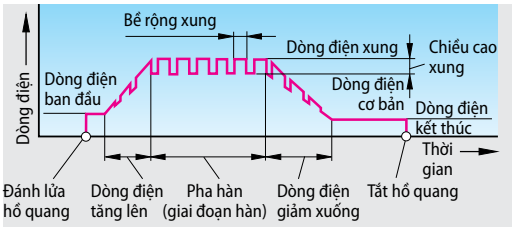
Hình 2: Hồ quang ở hàn WIG

Đầu điện cực vonfram được mài nhọn, hồ quang cháy ổn định và có thể được dẫn tốt hơn trong khi hàn. Vùng chảy (độ ngấu) hẹp và sâu (Hình 2, trang 223).

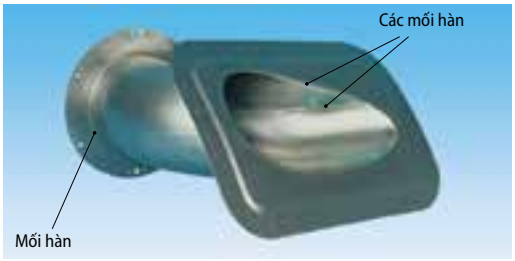
Hàn WIG bằng dòng điện xoay chiều phần lớn được sử dụng để hàn vật liệu nhôm và kim loại nhẹ khác. Ở nửa sóng dương của dòng điện xoay chiều, điện tử chảy từ chi tiết qua điện cực Vonfram và xé lớp oxít có độ nóng chảy cao của kim loại nhẹ. Ở nửa sóng âm, điện tử chạy đến chi tiết và sản xuất ra nhiệt để làm chảy lỏng kim loại. Quá trình hàn WIG được sử dụng đặc biệt cho kết cấu hàn hảo hạng của chi tiết mỏng và thép lá từ thép hợp kim cao và hợp kim nhôm (**Hình 2**).

Kỹ thuật hàn của hàn WIG

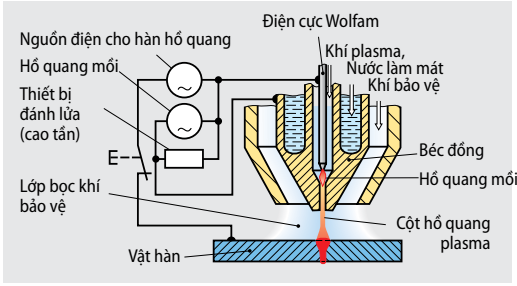
Ở hàn WIG mỏ hàn được để nghiêng chừng 15^0 với hướng hàn cách một khoảng từ 2 đến 3 mm (chiều dài hồ quang) trên chỗ hàn (hình 1, trang 223). Vật liệu bổ sung (que hàn) được điền bằng tay phía bên cạnh với chuyển động lên xuống (thăng giáng). Có thể tránh vết lõm hàn và lằn nứt bằng cách hạ thấp dòng điện hàn ở cuối mối hàn. Sau khi ngắt dòng điện, để ngăn ngừa việc bị oxít hóa ở mối hàn, béc hàn phải được giữ lâu trên chỗ mối hàn cho đến khi vũng hàn trở nên nguội dưới khí bảo vệ thổi vào.



Hình 1: Biểu đồ điện ở hàn WIG với điện xung một chiều



Hình 2: Cấu kiện được hàn WIG



Hình 3: Hàn plasma

Hàn hồ quang plasma với điện cực vonfram (WP)

Hàn hồ quang plasma WP được thực hiện bằng một thiết bị hàn WIG với một béc hàn (vòi phun) đặc biệt (**Hình 3**). Phục vụ cho nguồn nhiệt là tia plasma (trang 109). Nó được tạo ra ở đầu nhọn mỏ hàn, làm nóng dòng khí bằng hồ quang cho đến khi đạt trạng thái khí plasma. Tia khí plasma được thắt hẹp lại bởi vòi phun đồng được làm mát bằng nước và chạm vào mối hàn bằng một chùm tia plasma sắc bén (mạnh) với mật độ năng lượng cao trên các điểm hàn. Một lớp bọc khí bảo vệ làm ổn định cột hồ quang plasma và bảo vệ vũng chảy trước không khí chung quanh. Qua tia khí plasma rất mỏng và năng lượng dồi dào có thể kết nối thép lá dày với một mối hàn rất hẹp. Hàn WP cũng được sử dụng trong lĩnh vực kỹ thuật hàn micro. Hàn micro plasma ứng dụng cho hàn thép lá dày cũng như bề dày đường hàn đắp đến khoảng 1 mm.

Quy tắc làm việc cho hàn trong môi trường khí bảo vệ.

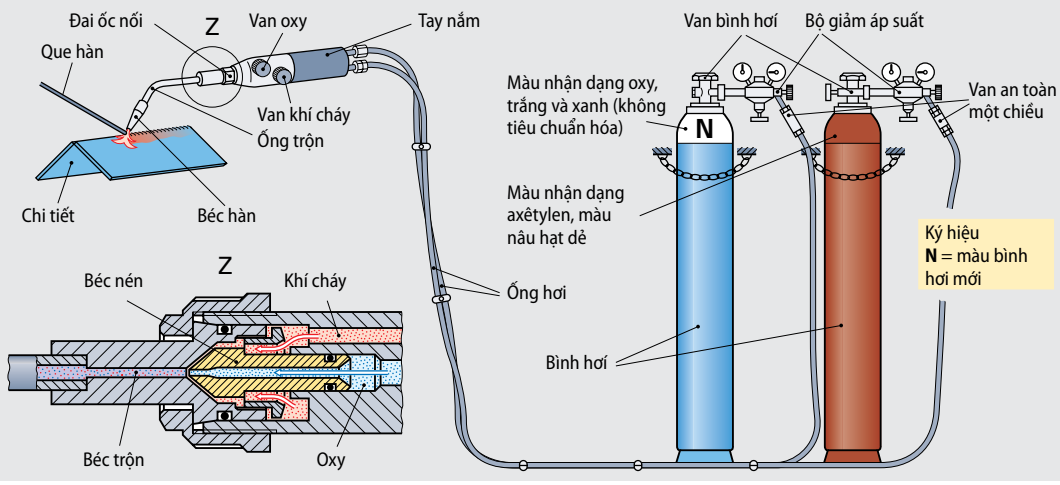
- Ở hàn trong môi trường khí bảo vệ mối hàn phải được bảo vệ trước gió hút, để lớp bọc bảo vệ không bị ảnh hưởng.
- Vì hơi độc xuất hiện trong phương pháp hàn với khí bảo vệ, cho nên phải có hệ thống hút khí.

Ôn tập và đào sâu

1 Ưu điểm của hàn trong môi trường khí bảo vệ so với hàn hồ quang tay?
2 Khi nào hàn WIG với dòng điện xoay chiều và khi nào hàn với dòng điện một chiều?
3 Hàn WIG với hàn MIG và hàn MAG khác biệt nhau thế nào?
4 Hàn plasma phù hợp với với ứng dụng nào?

3.7.5.5 Hàn hơi (Hàn gió đá)

Hàn hơi nóng chảy còn gọi là hàn xì oxy axêtylen (hàn gió đá), trong đó phần khe hở chỗ hàn (mối hàn) được làm chảy lỏng bằng một ngọn lửa cháy bằng khí hỗn hợp oxy axêtylen. Axêtylen thường được sử dụng như là khí đốt. Với khí này nhiệt độ ngọn lửa hàn đạt 3200^{0}C. Các khí được lấy ra từ bình ga (chai) và dẫn từ dây ga đến đèn hàn (**Hình 1**). Để tránh nhầm lẫn trong lúc xử lý khí cháy và khí không cháy, các bình khí được sơn màu nhận dạng và có các chỗ nối khác nhau (**Bảng 1**).



Hình 1: **Hệ thống thiết bị hàn hơi**

Sự hàn khí nóng chảy phần lớn chỉ còn được sử dụng cho công việc sửa chữa. Nó có thể được dùng cho tất cả các vị trí.

Quy tắc trong việc xử lý bình hơi hàn

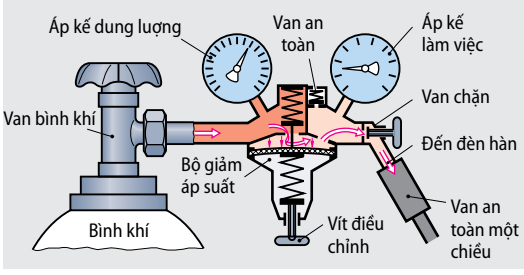
- Các phụ tùng của bình gió được giữ sạch không có chất dầu mỡ. Khí oxy phản ứng gây nổ với chất dầu mỡ.
- Bình khí axêtylen phải được giữ an toàn chống đổ ngã và va chạm, bảo vệ tránh nhiệt và đông lạnh. Nếu không, khí axêtylen phân hủy được kích hoạt dẫn đến cháy bình.
- Các bình khí chỉ được vận chuyển với bộ giảm áp suất được nới lỏng vít và nắp bảo vệ đầu bình siết chặt.

Các phụ tùng của bình khí gồm có một van bình, một bộ giảm áp suất với vít điều chỉnh và một van khóa. Ngoài ra nó còn có một van an toàn một chiều ngăn ngọn lửa dẫn trở về khí cung cấp. **Bộ giảm áp suất**. Khi hàn áp suất khí cao ở bình phải được giảm đến áp suất làm việc cần thiết (**Hình 2**). Áp suất ở bình khí được thể hiện ở áp kế dung lượng, áp kế điều chỉnh áp suất làm việc. Áp suất làm việc của khí oxy là 2,5 bar, cho axêtylen là 0,25 đến 0,5 bar.

Bảng 1: **Các chỗ nối của bình áp suất và màu nhận dạng ở cổ bình khí***

	Loại khí	Màu nhận dạng	Các ghép nối
Khí dễ cháy (bắt lửa)	Khí axêtylen	Màu nâu hạt dẻ	Vòng kẹp
	Khí hy dro	Màu đỏ	W21,8x1/14
	Khí oxy	Màu trắng	R3/4
Khí không bắt lửa	Khí ni tơ	Màu đen	W24,32x1/14
	Khí CO2	Màu xám	W21,80x1/14
	Khí argon	Màu xanh lá đậm	W21,80x1/14
	Khí helium	Màu nâu	W21,80x1/14
	Khí nén	Màu xanh lá sáng	R5/8

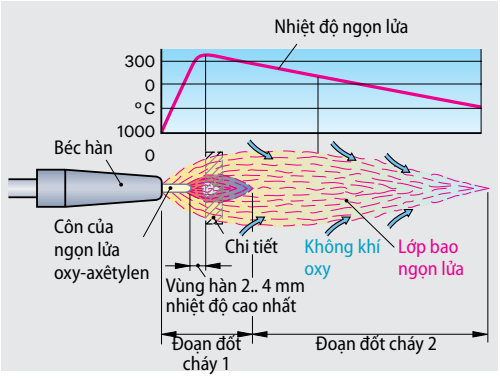
* Màu nhận dạng của bình tròn hình trụ không có tiêu chuẩn hóa



Hình 2: **Bộ giảm áp suất**

Ngọn lửa oxy-axêtylen được chỉnh với van ở mỏ hàn (Hình 1, trang 225).

Ở điều chỉnh bình thường cho ngọn lửa, hỗn hợp oxy-axêtylen được trộn lẫn với tỷ lệ 1:1. Sự đốt cháy của hỗn hợp này ở trong giai đoạn đốt cháy cấp 1 không hoàn toàn, bởi vì quá trình đốt cháy hoàn toàn của khí axêtylen cần 2,5 lần khối lượng của oxy. Khí CO_2 và khí hydro phát sinh tạo trong ngọn lửa một vùng giảm. Trong phạm vi này ngọn lửa đạt nhiệt độ cao nhất 3200^{0}C tại nơi từ 2 đến 4 mm trước dạng côn của ngọn lửa. Oxy còn thiếu trong quá trình đốt cháy hoàn toàn ở giai đoạn đốt cháy cấp 2 bị hút từ không khí xung quanh (**Hình 1**).

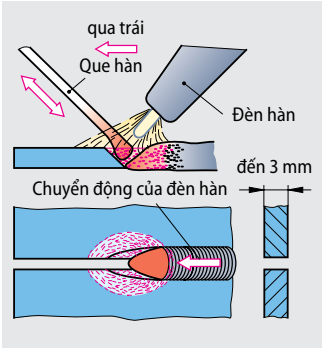


Hình 1: **Ngọn lửa oxy-axêtylen**

■ Kỹ thuật hàn hơi (hàn gió đá)

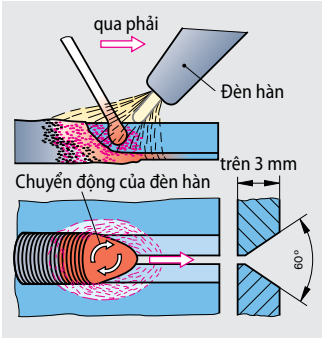
Cùng động tác giữ đèn hàn và que hàn (đũa hàn) người ta có thể hàn qua trái (**Hình 2**) và hàn qua phải (**Hình 3**).

Hàn qua trái. Ngọn lửa chỉ theo hướng hàn (Hình 2), qua đó vũng hàn nằm ngoài vùng nhiệt độ cao nhất và có thể giữ nhỏ được. Điều này thuận lợi cho việc hàn thép lá mỏng. Ngoài ra nhờ vào việc nung nóng trước mối nối thông qua hướng ngọn lửa, cách hàn này cho phép đạt được tốc độ hàn cao hơn. Do vậy sự co ngót giảm. Que hàn chuyển động lên xuống được chảy lỏng trong vũng chảy dưới côn ngọn lửa.



Hình 2: **Hàn qua trái**

Hàn qua phải. Ngọn lửa hướng về mối hàn đã được hàn. Vì thế việc làm nguội chậm và qua đó cải thiện được kết nối mối hàn. Lúc hàn, đèn hàn và côn ngọn lửa được giữ êm trên vũng hàn. Qua việc nhiệt được tập trung này ta có thể hàn được thép lá dày. Que hàn được chày lỏng trong vũng hàn với chuyển động vòng tròn trước côn ngọn lửa.



Hình 3: **Hàn qua phải**

Phương pháp hàn qua trái được áp dụng cho hàn thép lá dày đến 3mm. Thép lá dày trên 3 mm được hàn theo phải.

Các **que hàn** ở hàn hơi là vật liệu bổ sung được chảy lỏng điền vào khe mối hàn. Que hàn cho kết cấu hàn của thép được chia thành nhóm O I (cho thép xây dựng không hợp kim) đến O V (cho thép hợp kim). Đặc tính của nó có thể tra cứu trong các sổ tay kỹ thuật.

Quy tắc làm việc cho hàn hơi

- Phải mang kính bảo hộ, kính màu tối để bảo vệ mắt trước ánh lửa lóe sáng và tia hàn văng ra.
- Khi hàn trong phòng nhỏ cần chú ý cung cấp không khí mới. Không được phép sử dụng oxy cho mục đích này (nguy cơ cháy).

Ôn tập và đào sâu

1 Áp suất nào được điều chỉnh cho hàn hơi ở áp kế làm việc?

2 Hàn qua trái và hàn qua phải được ứng dụng trong trường hợp nào?

3 Những quy tắc nào phải được chú ý khi xử lý các chai khí?

3.7.5.6 Hàn bằng tia

Trong phương pháp hàn bằng tia, một tia laser hay tia điện tử năng lượng dồi dào được chuyển đổi thành nhiệt khi tác động và thâm nhập vào trong vật liệu. Vật liệu nóng chảy và khi đông đặc tạo thành một đường hàn nhỏ. Vật liệu bổ sung thường không cần thiết. Được hàn trong không khí tự do, trong chân không hoặc dưới lớp khí bảo vệ.

■ Hàn bằng tia laser (Hình 1)

Qua sự tụ lại thành chùm của tia laser trên một đường kính nhỏ hơn 1 mm, nơi vết cháy ở chi tiết (đầu cuối vệt phóng điện) nhận được một mật độ năng lượng cao với nhiệt độ lên đến 20000^{0}C. Vật liệu bốc hơi và tạo thành theo chiều tia một sự mao dẫn bốc hơi, nơi hình thành plasma. Vì thế mà vật liệu cũng nóng chảy ở trong sâu. Nó hình thành mối hàn với chiều sâu lên đến 10 lần bề rộng (thí dụ: mối hàn sâu trong thép xây dựng (thép chế tạo) đến 20 mm).

Quá trình hàn thường ở tại chỗ (nơi cố định) với một độ cơ giới hóa cao. Một hệ thống thiết bị hàn laser gồm laser, hệ thống di chuyển cho tia laser hay chi tiết, một hệ thống quang để dẫn hướng các chùm tia laser và hệ thống quang học điều chỉnh tiêu cự.

Ưu điểm:

- Thích hợp hầu như cho tất cả vật liệu
- Tốc độ hàn cao và mối hàn tốt
- Mối hàn hẹp sâu (**Hình 2**)

Khuyết điểm: Cần cẩn thận che chắn vì sự nguy hiểm của tia laser.

■ Hàn bằng tia electron (điện tử) (Hình 3)

Tia điện tử hình thành do các điện tử (electron) được phóng ra tự do từ cực âm vào trong một điện trường tăng tốc theo điện thế cao đến cực dương và sau đó được điều tiêu qua hệ thống thấu kính. Một hệ thống làm lệch bằng điện từ hướng tia vào mối hàn. Khi điện tử va chạm mạnh vào chi tiết, nó chuyển phần lớn động năng thành nhiệt, nhờ đó mà vật liệu nóng chảy và bốc hơi. Nơi đây hình thành một kênh khí với chất nóng chảy quay vòng. Do đó có thể hàn nối đối đầu một chi tiết thép đến 200 mm dày trong một công đoạn làm việc. Mối hàn hẹp với hình dạng nêm nhẹ (**Hình 4**).

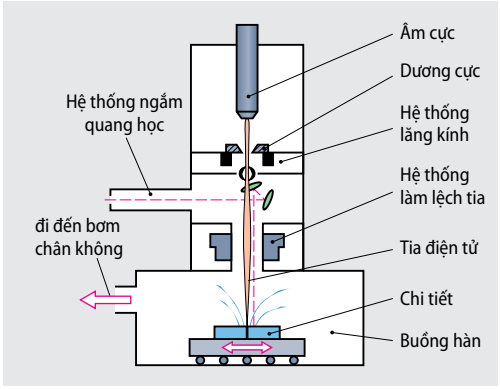
Ưu điểm:

- Phù hợp cho tất cả các kim loại và hợp kim cũng như cho các kết cấu hỗn hợp.
- Năng suất hàn cao và chi tiết hầu như không bị méo.

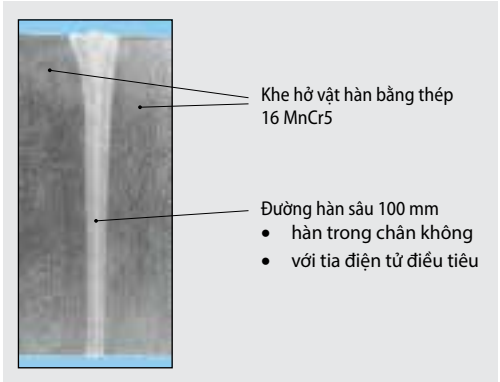
Khuyết điểm: Cần cẩn thận che chắn vì sự nguy hiểm của tia X-quang.

Hình 1: **Hàn bằng tia laser**

Hình 2: **Hàn bằng tia laser một trục tay lái xe hơi**



Hình 3: **Hệ thống thiết bị hàn bằng tia điện tử**



Hình 4: **Hàn sâu trong thép qua hàn bằng tia điện tử**

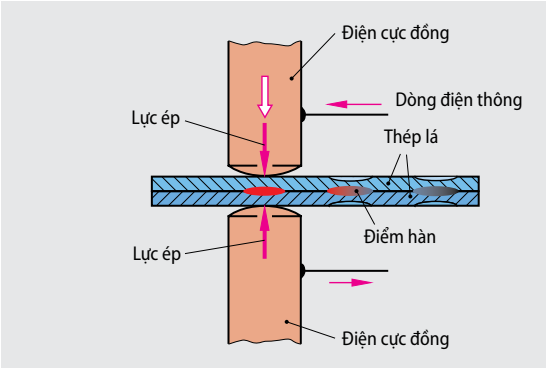
3.7.5.7 Sự hàn ép

Ở quá trình hàn ép, các bộ phận được nung nóng ở vùng hàn với nhiệt độ hàn và sau đó kết nối bằng cách ép chúng với nhau.

■ Hàn ép bằng điện trở

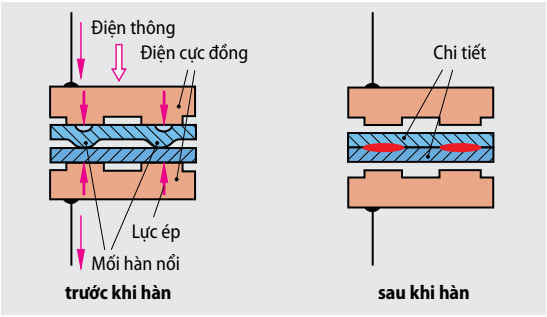
Phương pháp hàn ép bằng điện trở sử dụng nhiệt được tạo ra từ các dòng điện đi qua vùng tiếp xúc của bộ phận hàn. Ta phân biệt hàn điểm (hàn bấm), hàn nổi và mối hàn lăn.

Ở **hàn điểm** (**RP***) (**hàn point**) thép lá nằm chồng lên nhau được kết nối với từng điểm hàn. Các tấm thép lá được ép điểm lại với nhau từ hai điện cực bằng đồng làm nguội bằng nước. Trong thời gian ngắn dòng điện cao từ một điện cực chạy vào điện cực khác thông qua thép lá. Thông qua điện trở cao tại vị trí tiếp xúc trên thép lá ép với nhau, nhiệt độ hàn cần thiết được hình thành. Nó tạo thành một điểm hàn dạng hạt đậu (**Hình 1**).



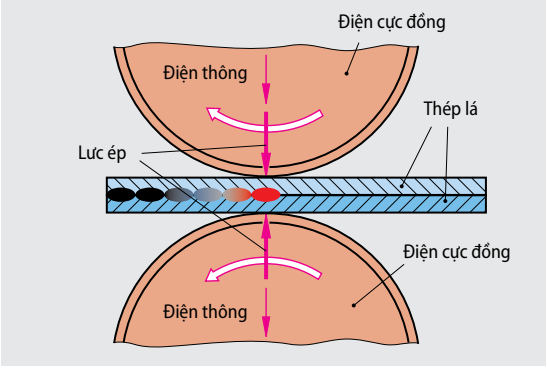
Hình 1: **Hàn điểm** (**hàn point**)

Ở **hàn nổi** (**RB***) hai chi tiết được hàn, một trong đó có điểm lồi lên (điểm hàn lồi lên) (**Hình 2**). Hai điện cực bằng đồng ép các chi tiết với nhau. Càc gờ lồi của chi tiết được hàn dạng điểm với chi tiết tiếp giáp khi dòng điện đi qua.



Hình 2: **Hàn nổi**

Ở **hàn lăn** (**RR***) hai thép lá để hàn đi qua hai điện cực lăn bằng đồng và được ép với nhau (**Hình 3**). Xung dòng điện tạo ra điểm hàn. Ở một tần số xung cao những điểm chồng lên nhau và tạo thành một mối hàn kín có liên quan đến nhau. Trong quá trình hàn ép bằng điện trở, cường độ dòng điện, thời gian và áp lực tiếp xúc cũng như kích thước của mối hàn phải được phối hợp với nhau.



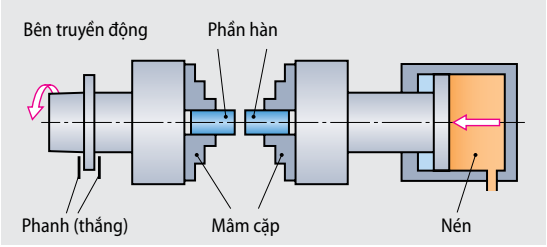
Hình 3: **Hàn lăn**

■ Hàn ma sát (FR*)

Ở hàn ma sát nhiệt dùng để hàn được hình thành qua ma sát. Trên một máy hàn ma sát một bộ phận kết nối được đưa vào chạy và sau đó ép vào bộ phận kết nối tĩnh.

Qua ma sát các mặt tiếp xúc được nung nóng rất nhanh. Ngay khi vật liệu ở đó trở nên dẻo, bộ phận quay được dừng lại. Với một lực chồn ép bổ sung, hai bộ phận được ép với nhau và hàn dính lại. Nó hình thành một gân tròn nhỏ.

Phạm vi ứng dụng: Cơ phận, thí dụ như trục các đăng (**Hình 4**).



Hình 4: **Hàn ma sát** (**sơ đồ**)

* Ký hiệu ngắn theo DIN EN ISO 857

3.7.5.8 Ứng dụng của phương pháp hàn

Việc lựa chọn phương pháp hàn thích hợp phụ thuộc chủ yếu theo phạm vi ứng dụng của cấu kiện được hàn và theo vật liệu hàn (**Bảng 1**).

Bảng 1: **Ứng dụng của quy trình hàn khác nhau**

Quy trình	Ký hiệu ngắn DIN ISO 857	Chỉ số DIN EN 24063	Phạm vi ứng dụng chính	Vật liệu có thể hàn được
Hàn hồ quang tay	E	111	Chế tạo cấu kiện thép tổng quát, chế tạo kim loại	Tất cả các thép hàn được
Hàn MIG	MIG	131	Cấu kiện với tất cả bề dày	Nhôm và kim loại không sắt khác
Hàn MAG	MAG	135	Chế tạo thép tổng quát, năng suất lắng cao	Tất cả các thép hàn được
Hàn WIG	WIG	141	Thép lá mỏng; hàng không và vũ trụ, chế tạo thiết bị và đường ống	Tất cả các thép hàn được
Hàn Vonfram-plasma	WP	15	Tiết diện dày, khe hàn hẹp	Thép, kim loại nhẹ
Hàn hơi nóng chảy	G	311	Đường ống; lắp đặt, sửa chữa	Thép không hợp kim
Hàn bằng tia laser	LA	751	Các chi tiết chính xác	Thép, kim loại nhẹ
Hàn điểm	RP	21	Thép lá, chế tạo khung xe	Tất cả các kim loại
Hàn ma sát	FR	42	Các cấu kiện tròn đối xứng	Kim loại, chất dẻo

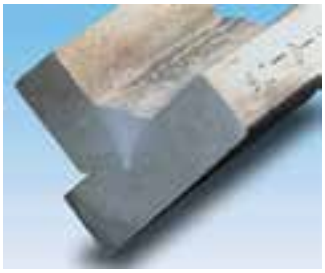
3.7.5.9 Kiểm tra kết nối hàn

Chất lượng của một kết nối hàn không chỉ nằm ở thiết bị máy móc và vật liệu được sử dụng mà còn tùy thuộc cơ bản vào kỹ năng chuyên môn và độ tin cậy của thợ hàn. Chất lượng mối hàn kết nối được đặt yêu cầu cao ở chế tạo kết cấu thép, chế tạo đường ống, chế tạo máy, trong kỹ thuật hạt nhân, kỹ thuật giao thông và trong hàng không và không gian. Chất lượng của một kết nối hàn thường phải được kiểm tra xác minh.

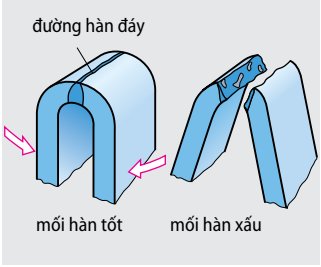
Sự kiểm tra không phá hủy (Trang 299) được thực hiện với phương pháp thẩm thấu màu, phương pháp bột nam châm (bột từ), kiểm tra bằng siêu âm và kiểm tra bằng X quang.

Sự kiểm tra có phá hủy mối hàn rất cần thiết khi chứng minh giá trị sức bền cơ học hoặc tiết diện của mối hàn (**Hình 1**) phải được khảo sát. Việc bẻ mối hàn 180^0 cũng thuộc vào sự kiểm tra có phá hủy để kiểm tra khuyết tật kết nối hay xỉ tạp (**Hình 2**). Một mối hàn tốt vẫn giữ nguyên vẹn, mối hàn xấu thì gãy.

Với các cấu kiện hàn bắt buộc phải nghiệm thu thí dụ như bồn áp lực, thì chỉ được phép đưa vào những chuyên viên hàn đã được chứng nhận.



Hình 1: **Cắt qua mối hàn góc**



Hình 2: **Kiểm tra mẫu thử hàn qua uốn**

Ôn tập và đào sâu

1 Hàn bằng tia laser có ưu điểm gì so với hàn hồ quang kim loại?
2 Tại sao khi hàn bằng tia laser tốc độ bước dẫn tiến có thể lớn?
3 Tại sao khi hàn bằng tia laser và khi hàn bằng tia điện tử cả hai người ta phải có che chắn bảo vệ?
4 Bạn hãy mô tả trình tự của hàn điểm?
5 Loại cấu kiện nào phù hợp với hàn ma sát?
6 Khuyết tật gì của mối hàn có thể được xác định qua thử nghiệm uốn ở Hình 2?

3.8 Sự phủ lớp

Tùy mục đích sử dụng, nhiều sản phẩm kỹ thuật được xử lý bề mặt hoặc một phủ lớp thích ứng sau khi gia công. Qua đó một số những tính chất nhất định được cải thiện, thí dụ như khả năng trượt của bề mặt láng, hay sự hấp dẫn và tuổi thọ của sản phẩm được nâng cao.

Việc **xử lý bề mặt** để phục vụ cho việc chống ăn mòn ngắn hạn hay để chuẩn bị cho việc phủ lớp tiếp theo.

Khi **phủ lớp**, thông thường một lớp mỏng bám chặt bằng sơn, nhựa, kim loại, men hoặc gốm được phủ lên trên cấu kiện.

Trong quá trình xử lý trước khi gia công (tiền xử lý) và phương pháp phủ lớp cũng như chọn vật liệu phủ lớp, ta phải chú ý đến tác động của môi trường và an toàn tuyệt đối cho sức khỏe.

3.8.1 Phủ lớp với sơn và chất dẻo

Phủ lớp với sơn và chất dẻo phục vụ bên cạnh cải thiện mỹ quan còn đặc biệt để chống ăn mòn. Trong một số trường hợp lớp phủ cũng cần cải thiện khả năng trượt cũng như chống trượt hoặc khả năng cách điện.

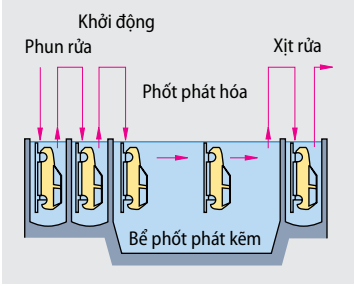
Một lớp phủ với sơn và chất dẻo có hiệu quả và bền đòi hỏi xử lý trước bề mặt phủ lớp một cách khách quan và một lớp phủ được thực hiện đúng kỹ thuật (thích hợp). Nó bao gồm các bước sau đây:

- **Rửa sạch cấu kiện** các chất dơ bám, dầu, mỡ và nước thông qua quá trình rửa và sấy khô.
- **Tạo một nền bám** cho lớp phủ qua phốt phát hóa ở vật liệu thép và crôm hóa ở vật liệu nhôm.
- **Phủ lớp cấu kiện** với một hoặc nhiều lớp sơn hay với một lớp chất dẻo.

■ Phốt phát hóa và crôm hóa

Ở **phốt phát hóa** cấu kiện thép được nhúng hoặc trong một bể phốt phát kẽm (**Hình 1**) hay trong một buồng phun sương dung dịch phốt phát kẽm. Nó hình thành trên bề mặt thép một lớp phốt phát sắt chừng 20 µm mỏng, kết chặt cứng với vật liệu gốc (cơ bản). Nó phục vụ như nền bám cho một lớp sơn phủ và ngăn ngừa gỉ sét ở dưới lớp sơn. Phốt phát hóa cũng có thể phục vụ như lớp bảo vệ cơ bản cũng như là lớp chống sét ngắn hạn (hình 3, trang 305) hoặc lớp trượt trên thép lá biến dạng.

Qua **crôm hóa** cấu kiện bằng vật liệu nhôm có được một nền bám và một sự bảo vệ chống lớp sơn chảy lan. Lớp crômmat được thực hiện như phốt phát hóa qua nhúng hay phun sương.



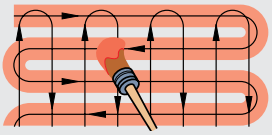
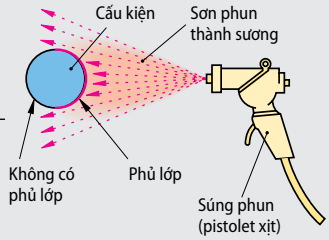
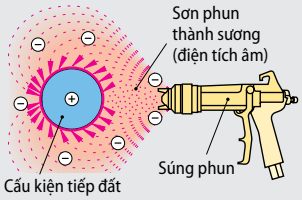
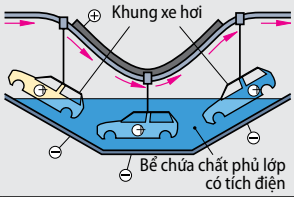
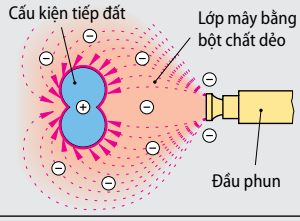
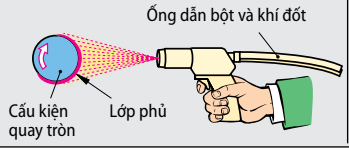
Hình 1: **Phốt phát hóa khung sườn xe hơi qua nhúng**

■ Sơn và phủ lớp chất dẻo

Chủ yếu chất sơn phủ lớp gồm một chất kết dính lỏng, thí dụ như nhựa alkyd, nhựa acryl, nhựa polyuretan hay nhựa epoxy và những hạt màu dạng bột để chống sét và tạo màu. Các thành phần này được trộn lẫn với nhau để tạo thành một khối lượng sơn có thể quét bằng tay hay phun bằng súng (sơn máy). Độ sệt phù hợp sẽ được điều chỉnh bằng dung môi hay nước. Sau khi phủ lên, dung môi bốc hơi và lớp sơn trở nên cứng.

Nên ưu tiên sử dụng chất sơn nghèo (ít) dung môi hay sơn nước.

Tùy theo phương pháp phủ lớp, những chất dẻo được sử dụng cho việc phủ nhựa là chất dẻo nhựa rắn như polyester, polyurethan và nhựa epoxy hay nhựa nhiệt như PVC hay polyamid. Để ứng dụng phủ lớp có nhiều phương pháp khác nhau được sử dụng (**Trang 231**) tùy theo dạng kết cấu, mục đích, yêu cầu và cỡ lô (số lượng sản xuất trong một đợt).

Phương pháp /Mô tả	Ưu điểm/khuyết điểm	Ứng dụng
Sơn bằng cọ Quét nước sơn bằng cọ thay đổi với những đường sơn ngang và sơn dọc 	Phương pháp đơn giản, ít tốn dụng cụ. Nước sơn xâm nhập tốt ở chỗ không phẳng và nứt	Sửa chữa nhỏ, sơn lót cho cấu kiện thép và sườn máy ở sản xuất đơn lẻ.
Sơn thổi (**sơn thổi bằng khí nén**) Khí nén từ 2 đến 6 bar nghiền chất phủ (sơn) thành bụi và phun vào cấu kiện 	Chỉ thích hợp với cấu kiện bằng phẳng, không phù hợp với cấu kiện có nhiều phần ghép nối. Nước sơn thất thoát nhiều (overpray). Phủ lớp một phía	Phủ lớp chuẩn cho cấu kiện phẳng trong sản xuất đơn lẻ và loạt nhỏ
Sơn thổi áp lực cao (**thổi không gió**) Nước sơn trong súng phun (pistolet) được thổi dưới một áp suất đến 250 bar và nghiền nhỏ thành lớp mịn như sương mù khi thoát ra khỏi béc phun (béc xịt)	Phun sương mịn kể cả nước sơn dẻo. Không phù hợp với cấu kiện có nhiều phần ghép nối. Không phủ lên tất cả các bên	Cấu kiện lớn, phẳng: thân tàu thủy, bồn, kết cấu thép, vỏ bọc (bao che) máy.
Sơn tĩnh điện (sơn phun điện) Từ một đầu phun nước sơn được phun nhỏ như sương mù trong đó các giọt sơn nạp lại tĩnh điện của một điện thế cao. Chúng di chuyển dọc theo đường lực (từ) đến cấu kiện được tiếp đất và bám chặt ở đó. 	Phủ tất cả các bên và đồng đều kể cả các cấu kiện tinh vi có nhiều phần ghép nối. Ít hao hụt sơn Rất thân thiện với môi trường với sơn không chứa dung môi	Phủ lớp các cấu kiện có nhiều phần ghép nối khác ở trong buồng sơn: khung xe. Vỏ (hộp) máy trong sản xuất loạt nhỏ và loạt trung bình. Khung xe đạp.
Sơn nhúng điện Cấu kiện tiếp đất được nhúng vào bể nơi có sẵn một điện áp. Các hạt sơn tích điện và chuyển động nhờ lực điện đến cấu kiện và bám giữ ở đó. 	Lớp phủ thấm sâu và đồng đều ở mặt không phẳng, ngay cả ở những chỗ khó tiếp cận và ở buồng rỗng	Phủ lớp bảo vệ chống sét cho khung xe hơi và các cấu kiện có nhiều phần ghép nối khác (lớp nền chống gỉ sét)
Phủ lớp bột tĩnh điện Ở buồng sơn các hạt chất dẻo được phun sương qua các đầu ống. Nó nạp tĩnh điện qua một điện áp và chuyển động dọc đường lực đến cấu kiện tiếp đất. Trong lò nung (200°C), lớp bột chảy ra và bị biến cứng. 	Lớp phủ với hợp chất nhựa cứng. không có dung môi. Thu hồi được sơn thổi ra ngoài. Thân thiện với môi trường. Lớp phủ trên tất cả các bên và bám tốt vào cấu kiện.	Phủ lớp cấu kiện phẳng và cấu kiện có nhiều phần ghép nối trong sản xuất loạt nhỏ và lượng lớn
Phun chất dẻo Với một ngọn lửa oxy-axêtylen (gió đá) bột nhựa dẻo trong pistolet được nung nóng và từ luồng nhiệt của khí đốt phun lên trên cấu kiện. 	Lớp phủ với chất dẻo nhiệt không có dung môi. Cho diện tích phun nhỏ. Không có phủ lớp các mặt	Phủ lớp cho con lăn dẫn và con lăn trượt, ống lăn băng chuyền, chống trượt tấm phủ nền

Ở phủ lớp số lượng lớn trong công nghiệp với yêu cầu chống sét cao thí dụ: khung sườn xe hơi, nhiều quá trình phủ lớp được kết hợp thành một hệ thống (bộ thiết bị) sơn liên tục, thí dụ như bao gồm các bước sau đây: làm sạch → phốt phát hóa → sơn nhúng điện → phun PVC dưới lườn → hai lần sơn phun điện → làm khô.

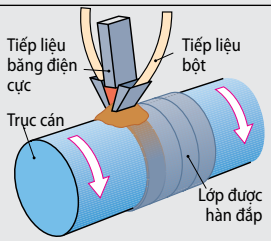
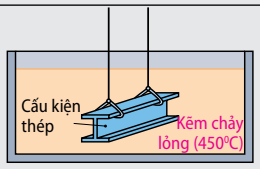
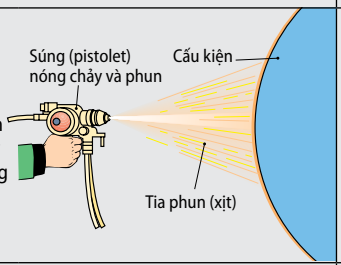
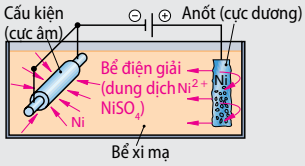
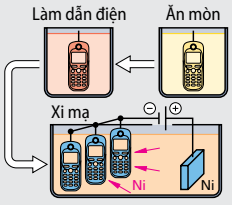
Lớp phủ đơn giản, thí dụ như vỏ bao máy, được áp dụng ưu tiên phủ lớp bột tĩnh điện trên thép lá đã phốt phát hóa.

3.8.2 Phủ lớp với kim loại

Sự phủ lớp với kim loại có mục đích chính là chống sét và nâng cao độ bền mài mòn của bề mặt cấu kiện. Nó cũng một phần phục vụ cho việc tu bổ và tân trang các mặt mài mòn cũng như để cải thiện bề ngoài và che chắn điện từ trường.

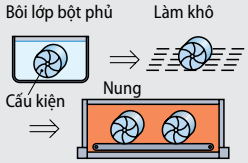
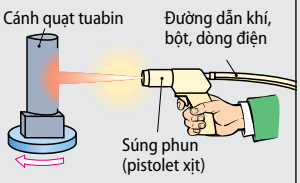
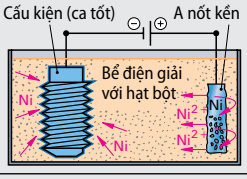
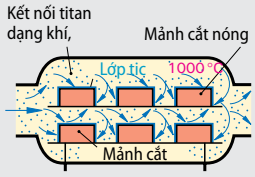
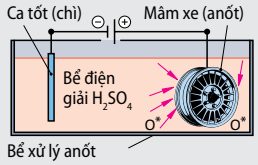
Những lớp phủ kim loại được sử dụng:

- để chống sét: kẽm, kền, crôm, molybden, hợp kim sắt-crôm-kền
- để chống mài mòn: kền cứng, crôm cứng cũng như lớp kền với chèn hạt mài và hạt vật liệu cứng

Quy trình /Mô tả	Ưu điểm /Khuyết điểm	Ứng dụng
Hàn đắp Đắp các vật liệu qua hàn tay với hồ quang điện hoặc hàn MAG bằng cách hàn nhiều lớp kế cận của mối hàn hay qua hàn hồ quang chìm, hàn điện dưới lớp xỉ và hàn đắp bằng tia laser của các lớp kín với nhau 	Hàn đắp lớp mài mòn cứng trên các cấu kiện qua xử lý bằng thép đàn hồi. Sửa chữa và giữ giá trị của cấu kiện đã mòn	Băng trượt ở máy công cụ. Lớp mài mòn trên trục cán, phương tiện nghiền, cánh tua bin, cánh quạt đẩy bơm nước.
Nhúng kim loại (thí dụ: mạ kẽm nóng) Cấu kiện thép được nhúng vào kẽm lỏng (nhiệt độ chừng 450^{0}C) và phản ứng với kim loại. Sau khi nhấc lên khỏi kẽm lỏng còn lại một lớp kẽm bám vào cấu kiện. 	Bảo vệ chống ăn mòn tốt đối với ảnh hưởng của không khí. Lớp kim loại bám dính chắc với cấu kiện. Cấu kiện méo vì nhiệt	Khung sườn xe hơi, khung sườn xe tải, bù long ốc vít, chi tiết nhỏ, dầm, đà và thép hình (thép prôfin) xây dựng
Phun (xịt) nhiệt Vật liệu phủ lớp (dây hay bột kim loại) nóng chảy trong súng phun và được phun lên cấu kiện từ một luồng khí nén nóng.Tùy theo loại nóng chảy người ta phân biệt: phun bằng ngọn lửa, bằng hồ quang hay bằng plasma. 	Đắp bất kỳ các kim loại, hợp kim và các các kết nối. Lớp phủ bám vào bằng cơ-nhiệt. Không có thay đổi nhiệt của vật liệu nền	Lớp mài mòn hay lớp trượt, thí dụ bằng molybden hay hợp kim NiCrBSi trên trục cán. Lớp bảo vệ xói mòn trên cánh tuabin
Xi mạ Cấu kiện cần phủ lớp được treo trong một bể điện giải (dung dịch muối kim loại) và trong một bể mạ điện kết nối như cực âm. Qua quá trình điện giải xuất hiện trên cấu kiện một lớp kim loại 	Lớp đắp kim loại kín, nhẵn với mặt ngoài trang trí. Tổn phí cao để phòng ngừa ô nhiễm môi trường qua hóa chất của phương pháp xi mạ	Xi kền và mạ crôm, thí dụ như chi tiết xe hơi và nhiều chi tiết nhỏ. Chống mài mòn với kền cứng và crôm cứng trên trục cán nhẵn
Mạ kim loại cho cấu kiện bằng chất dẻo Cấu kiện bằng chất dẻo được ăn mòn nhẹ bằng hóa chất trong bể nhúng và sau đó được làm trong một bể paladi đồng qua bám một lớp mỏng đồng dẫn điện. Sau cùng một lớp crôm hay lớp kền được mạ lên trên. 	Thay thế chi tiết kim loại nặng bởi cấu kiện chất liệu nhẹ trông như kim loại. Che chắn tia điện từ (phóng điện) qua vỏ chất dẻo được bọc lớp kim loại.	Cấu kiện bằng chất dẻo trông như kim loại cho xe hơi, máy móc và thiết bị gia dụng. Vỏ chất dẻo được phủ lớp kim loại của cấu kiện và thiết bị điện tử.

3.8.3 Phủ lớp với tính chất đặc biệt

Loại phủ lớp này ngoài tác dụng chống sét và tác dụng chống mài mòn của nó còn tạo thêm những tính chất hoàn toàn đặc trưng, thí dụ như khả năng trượt cao, độ cứng tột cùng, sức bền nhiệt. Các lớp phủ để sử dụng được làm bằng men, gốm và chất liệu cứng, lớp kết nối bằng kim loại với các hạt được chèn vào cũng như lớp oxít tạo trên cấu kiện.

Quá trình/Mô tả		Ưu điểm/khuyết điểm	Ứng dụng
Tráng men Một lớp rời bằng bột men mịn được tráng lên trên cấu kiện thép bằng cách nhúng trong bùn bột men. Sau khi khô lớp phủ men được đem nung trong lò nung với nhiệt độ 1000°C		Chống đỡ được hóa chất, dễ làm sạch và là lớp phủ chống nóng. Nhạy cảm với sự va chạm. Đắt tiền.	Phủ lớp trong cho vỏ máy bơm, các đường ống và thiết bị bằng thép trong công nghiệp hóa chất và thực phẩm. Nồi hơi, cánh quạt máy bơm
Phun plasma và phun ngọn lửa tốc độ cao Trong một súng phun (pistolet xịt) khí plasma hoặc súng phun tốc độ cao, bột kim loại hay bột gốm bị nóng chảy và được bắn vào cấu kiện nung nóng trước với tốc độ lớn. Nó tạo thành ở đó một lớp bám chặt.		Đắp lớp phủ từ vật liệu một thành phần, nóng chảy ở nhiệt độ cao và lớp phủ từ vật liệu hỗn hợp. Có thể đắp bổ sung và đắp nhiều lần sau khi mòn.	Phủ lớp cánh tuabin, tấm ăn mòn, lưỡi dao cắt, trục lăn dập nổi. Lớp phủ bằng NiCr80-20 với hạt vonfram cacbit cũng như bằng gốm.
Mạ phân ly của lớp phủ mài mòn và lớp phủ trượt Bằng một bể điện giải (dung dịch muối kim loại) với các hạt nhỏ của thành phần kết hợp được phân ly cùng một lúc thành lớp điện giải và các hạt được chèn trong lớp.		Sản xuất lớp phủ mạ với đặc tính mài mòn và trượt tuyệt vời.	Phủ lớp các linh kiện chuyển mạch, các đũa đẩy sú páp, khuôn đúc áp lực, các vít tải đùn, thí dụ: lớp phủ với PTFE và lớp phủ SiC chứa hàm lượng kền.
Phủ lớp CVD (CVD= Chemical Vapor Deposition, Phương pháp kết tủa hơi để tạo màng kim loại) Một kết nối kim loại dạng khí trong khí bảo vệ nóng trên 1000°C, được dẫn vào các dụng cụ phủ. Tại bề mặt nóng hợp chất kim loại phân hủy và phân ly (tách ra) làm lớp phủ cứng trên dụng cụ.		Khả năng phủ lớp với các oxít, các cac bua kim loại và nitrid kim loại. Cũng có thể phủ nhiều lớp mỏng.	Phủ lớp các dụng cụ và mảnh hợp kim trở mặt, con lăn dẫn hướng, cơ cấu dẫn sợi và các chi tiết tương tự với lớp phủ vật liệu cứng bằng Al_2O_3, TiC, TiN, TiAlN, và AlCrN.
Xử lý anốt của cấu kiện nhôm Cấu kiện nhôm là anode được chuyển mạch ở trong một bể điện giải dung dịch axít sulfuric. Ở cấu kiện nhôm, nguyên tử oxy (O*) phân ly hình thành trên bề mặt với Al một lớp phủ Al_2O_3 kín.		Lớp phủ cứng, trong sáng từ Al_2O_3 kết chặt với cấu kiện, với độ bền chống ăn mòn tốt. Có bề ngoài trang trí giống kim loại.	Bảo vệ ăn mòn và làm đẹp cấu kiện nhôm: cấu kiện xe hơi, thí dụ như mâm, vỏ hộp số cũng như cấu kiện của máy nhỏ.

Ôn tập và đào sâu

1 Với phương pháp nào một cấu kiện thép có được một nền bám cho phủ lớp?
2 Phủ lớp bột tĩnh điện có ưu điểm gì so với phun sơn?
3 Vì sao người ta dùng hàn đắp?
4 Lớp phủ kim loại nào được ưa chuộng sản xuất cho phương pháp mạ?
5 Lớp phủ nào được hoàn tất với phương pháp phun plasma?
6 Cấu kiện nào được phủ với CVD (phương pháp kết tủa hơi để tạo màng kim loại)?

3.9 Cơ sở sản xuất và bảo vệ môi trường

Các phương pháp sản xuất được lựa chọn và thiết bị sản xuất được vận hành sao cho

- không có chất độc thải ra làm giảm sức khỏe của công nhân.
- không đưa chất có hại vào môi trường gây ô nhiễm và tổn hại đến môi trường.

Nếu có thể được, phải hoàn toàn tránh việc sử dụng các chất độc hại. Các thí dụ cho điều này là việc cấm chất amiăng, việc loại bỏ chì và cađimi (Cađimi) trong hàn vảy và để bảo vệ sự ăn mòn cũng như thay thế chất tẩy rửa lạnh nguy hại đến sức khỏe (chất clo hydrocacbon CKW như Per và Tri) bằng chất tẩy rửa không độc hại để tẩy rửa các chi tiết dính dầu bẩn.

Nơi mà việc sử dụng chất gây ô nhiễm là không thể tránh hoặc không thể thay thế được về mặt kỹ thuật, thì người ta cần phải giảm bớt số lượng sử dụng xuống càng ít càng tốt. Người ta có thể đạt được điều này thông qua việc sử dụng loại sơn nghèo dung môi.

Chỉ khi tất cả các khả năng tránh và giảm đã được tận dụng hết, trong những trường hợp hạn chế, phương pháp sản xuất với những chất có hại mới được phép sử dụng dưới sự tuân thủ nghiêm ngặt (các quy định về môi trường). Những hệ thống này được vận hành trong một chu trình khép kín để không có chất ô nhiễm rò rỉ ra ngoài.

Các chất còn sót lại không thể tránh khỏi sẽ được thu gom lại và qua tái chế có thể sử dụng nhiều lần. Phần còn lại của các chất gây ô nhiễm không dùng được nữa nên được thải đi một cách thích hợp.

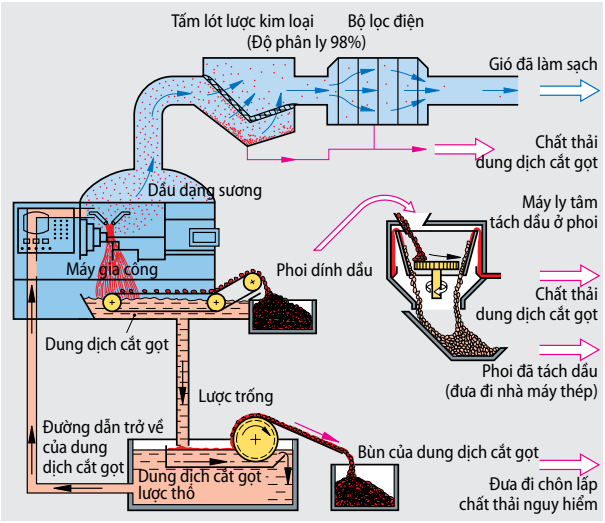
Trong bảo vệ môi trường để đối phó các chất ô nhiễm áp dụng tuần tự các biện pháp: **tránh** nếu được - **giảm** lượng - **sử dụng lại** nhiều lần - **tiêu hủy** đúng cách các phần còn lại.

■ Xử lý tại hệ thống gia công cắt gọt

Hãng xưởng với máy công cụ cắt gọt có phoi và hệ thống sản xuất là nguyên nhân gây ra chất ô nhiễm và chất thải không thể tránh khỏi và phải được xử lý thích hợp tuân theo hướng dẫn của luật xử lý chất thải. Để bảo vệ sức khỏe của người vận hành và để giữ được một môi trường không bị thiệt hại, không được vượt quá giá trị giới hạn của hàm lượng chất gây ô nhiễm trong không khí và nước thải của xí nghiệp.

Các biện pháp xử lý ở gia công cắt gọt có phoi (**Hình 1**):

- Dầu hay dầu emulsi dạng sương mù của dung dịch cắt gọt phải được hút và tách ra. Điều này được thực hiện qua việc bao che máy và tách dầu dạng sương mù bằng bộ lọc (lược).
- Các phoi kim loại phải làm dẫn ra ngoài và khử sạch nhớt.
- Dung dịch cắt gọt đã sử dụng có các mạt kim loại, phoi kim loại nhỏ và chất bẩn sẽ được làm sạch bằng nam châm hút và lọc.
- Dung dịch cắt gọt đã qua sử dụng được tái sinh. Bùn trong dung dịch cắt được đốt hoặc xử lý bằng cách chôn lấp đặc biệt.



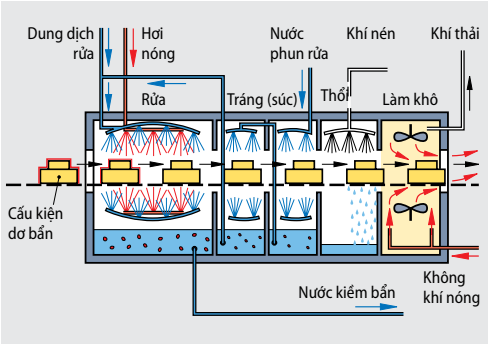
Hình 1: **Xử lý tại gia công cắt gọt có phoi**

Mối nguy hại cho sức khỏe trong cắt gọt lấy phoi phát sinh từ dung dịch cắt gọt. Nó là dầu khoáng sản với một số nhiều hóa chất bổ sung, thí dụ như để chống sét hoặc chống nhiễm khuẩn. Ở những người nhạy cảm, điều này có thể dẫn đến các bệnh về da (bệnh chàm - eczema dầu) và hô hấp (nhiễm trùng). Biện pháp hỗ trợ để khắc phục: đậy máy, hút dầu và dùng kem thoa da.

■ Làm sạch các chi tiết

Chi tiết phải được làm sạch, không có dung dịch cắt gọt dư bám vào và chất bẩn sau khi tạo dạng (thí dụ như chi tiết tiện) và trước khi tiếp tục xử lý (thí dụ trước khi đem sơn). Trước kia người ta làm sạch chi tiết bằng cách nhúng vào chất làm sạch lạnh dạng lỏng. Chất làm sạch lạnh này như Tetra (cacbontetraclorua) hay Tri (tricloetylan) gồm chất clo hydrocacbon (CKW) có tác dụng mạnh gây nguy hại cho sức khỏe và môi trường.

Để tránh chất độc này người ta phát triển ra hệ thống rửa bằng hơi nước nóng, rửa sạch chi tiết bẩn do dầu và mỡ với hơi nước nóng và chất kiềm tẩy rửa giống như xà phòng (Tensiden). Chất này cũng tốt như chất làm sạch lạnh (**Hình 1**). Dung dịch kiềm chứa chất bẩn được làm sạch bởi hệ thống thiết bị xử lý nước thải (Trang 132).

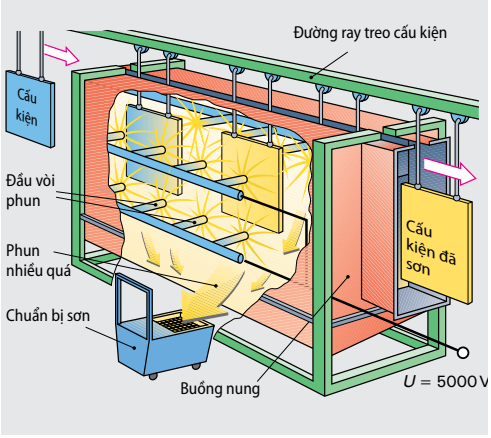


Hình 1: Hệ thống làm sạch chi tiết bẩn

■ Sơn các bộ phận kim loại

Ở sơn phun các cơ phận kim loại với nước sơn gốc chứa dung môi, môi trường bị ô nhiễm bởi dung môi bay hơi sau khi sơn và cặn sơn phát sinh nhiễm vào. Với việc sử dụng sơn nghèo dung môi hoặc sơn có gốc nước, môi trường ít hoặc không bị ảnh hưởng vào lúc sơn phun.

Một cách phủ lớp cấu kiện cũng thân thiện với môi trường là phương pháp **sơn bột** (**Hình 2**). Hạt sơn dạng bột trong đầu phun được tích tĩnh điện tới hàng ngàn Volt được phun với áp lực theo hướng của cấu kiện xem như là biến thành cực đối.



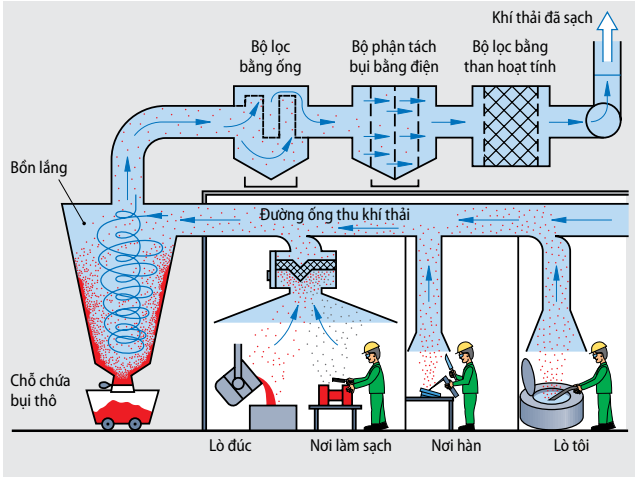
Hình 2: Dây chuyền sơn bột

Các hạt sơn tích điện bị chi tiết hút vào và giữ tĩnh điện trên đó. Sau đó cấu kiện với lớp phủ rời chạy qua một buồng nung, nơi hạt sơn bị nung chảy vào nhau với nhiệt độ chừng 200°C thành một lớp sơn phủ và cứng lại. Những hạt sơn không bám vào cấu kiện được thu hồi và phun lại lần nữa.

■ Làm sạch khí thải

Khí thải của nhà máy gia công kim loại với sản xuất bị nhiễm bẩn mạnh chứa môt loạt chất có hại (**Hình 3**):

- **Bụi mịn** và các loại hơi **có chứa kim loại nặng** (chì, cađimi, kẽm v.v...) từ lò đúc, ở chỗ làm sạch, thiết bị hàn và hàn vảy.
- **Khí oxít nitơ** và **khí carbon monoxít** từ hệ thống thiết bị nung, ở chỗ hàn, nơi lò tôi, ở bể muối nóng chảy.
- **Những loại hơi** và **son khí** (sương) từ các chất axít và muối độc thí dụ phân xưởng khắc/tẩy rửa ăn mòn, lò tôi và xưởng xi mạ



Hình 3: Hệ thống thiết bị làm sạch khí thải của một xí nghiệp sản xuất

Các khí thải từ các nhà máy kim loại phải được lọc và khử chất độc trong một hệ thống thiết bị làm sạch khí thải. Nó bao gồm nhiều công đoạn (Hình 3, trang 235).Trước tiên bụi thô và son khí (aeroson) được lắng trong bầu lắng. Sau đó bụi mịn được tách trong ống lược và bộ phận tách bụi bằng điện. Cuối cùng các khí độc được giữ chặt trong trong bộ lọc than hoạt tính. Mối nguy hiểm sức khỏe phát sinh thí dụ như từ kim loại nặng chứa bột mịn với chì, cađimi, kẽm, mangan và crôm, như trong hàn vảy, hàn và đúc. Cũng như khí CO (cacbonmonoxit) tạo thành từ khí bảo vệ CO_2 trong hàn MAG hay muối được sử dụng lúc tôi có độc tính cao. Phải quan tâm đến việc thông gió và hút gió để đảm bảo có đầy đủ không khí trong lành dẫn vào và không khí thở không có bụi trong phạm vi làm việc.

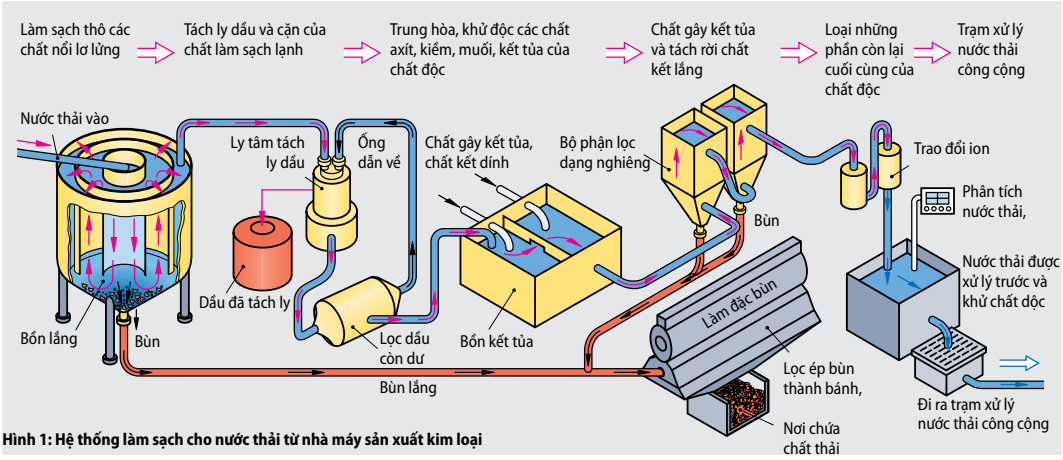
Trong không gian làm việc với chất độc hại không được ăn, uống hay hút thuốc. Phải chú ý đến những hướng dẫn để ứng phó với chất độc của xí nghiệp.

■ Xử lý nước thải từ các nhà máy kim loại

Trong các nhà máy gia công kim loại tồn tại nước thải bẩn trong nhiều phạm vi làm việc:

- Bùn và chất thải, thí dụ như từ nơi mài hay làm sạch khói lò ướt.
- Nước thải từ gia công cắt gọt có phoi, từ hệ thống sơn và từ phân xưởng khắc/tẩy rửa ăn mòn, bị làm bẩn với cặn dầu, sơn còn dư hay chất làm sạch lạnh.
- Với axít, nước kiềm và muối độc chứa đầy nước thải từ lò tôi và xưởng xi mạ.

Sự làm sạch toàn bộ nước thải của một xí nghiệp xảy ra trong một hệ thống thiết bị nhiều bậc (**Hình 1**).



Hình 1: Hệ thống làm sạch cho nước thải từ nhà máy sản xuất kim loại

■ Xử lý chất thải và các chất độc hại

Chất độc hại qua sử dụng và chất thải từ sản xuất có hại đến môi trường phải được tập hợp lại, đưa vào xử lý và tái sử dụng hoặc tiêu hủy một cách phù hợp. Các thí dụ:

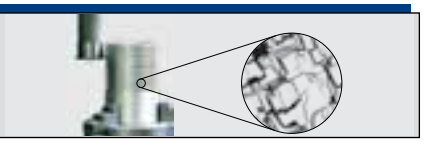
Dầu đã qua sử dụng (dầu cũ) Chất khử mỡ và chất làm sạch (Tri, Tetral) Muối tôi đã qua sử dụng	⇨ Thu thập riêng biệt trong bồn chứa có đánh dấu	⇨ Xử lý và tiêu hủy thông qua các xí nghiệp chuyên ngành

Ôn tập và đào sâu

1 Bạn hãy giải thích yêu cầu xử lý với chất gây ô nhiễm: tránh - giảm bớt - tái sử dụng - xử lý chất thải?
2 Những lĩnh vực xử lý chất thải nào có ở thiết bị gia công cắt gọt?
3 Tại sao khí thải từ hàn và tôi phải lọc sạch?
4 Hãy cho biết tên một vài chất thải tác động đến môi trường ở xí nghiệp sản xuất kim loại, phải thu gom và xử lý?

4 Kỹ thuật vật liệu

4.1 Đại cương về vật liệu và phụ liệu 238
4.2 Chọn lựa vật liệu và đặc tính của vật liệu 240
4.3 Cấu trúc bên trong của kim loại 246

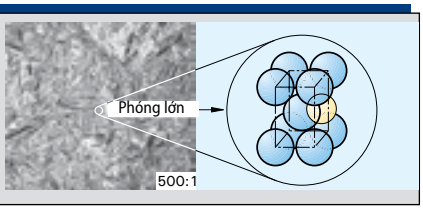


4.4 Vật liệu thép và gang đúc 251
Sản xuất gang thô và thép 251
Hệ thống ký hiệu; Phân loại 255
Các loại thép, dạng thương phẩm của thép 259
Nguyên tố hợp kim và nguyên tố kèm theo 262
Vật liệu gang sắt đúc 263

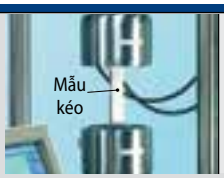
4.5 Kim loại không chứa sắt 268
Kim loại nhẹ 268
Kim loại nặng 270
4.6 Vật liệu thiêu kết 273
Sản xuất chi tiết được tạo dạng bằng vật liệu thiêu kết 273
Sản xuất vật liệu với phương pháp luyện kim bột 274

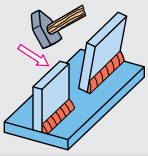
4.7 Vật liệu gốm 275
Đặc tính 275
Sản xuất 275
Các loại gốm 276
Men gốm 276

4.8 Nhiệt luyện thép 277
Các loại cấu trúc của vật liệu sắt 277
Giản đồ trạng thái của hợp kim sắt-carbon 278
Cấu trúc và mạng tinh thể lúc nung nóng 279
Nung, tôi, nhiệt luyện 280
Thí dụ sản xuất về tôi 289

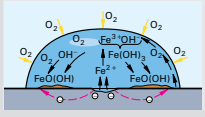


4.9 Kiểm tra vật liệu 290
Kiểm tra đặc tính gia công 290
Kiểm tra cơ tính 291
Kiểm tra độ bền mỏi, tải vận hành 298
Kiểm tra không phá hủy vật liệu 299
Xét nghiệm cấu trúc kim loại bằng kính hiển vi 300





4.10 Ăn mòn và bảo vệ chống ăn mòn 301
Nguyên nhân ăn mòn 301
Các loại ăn mòn và đặc điểm bề ngoài của nó 303
Các biện pháp chống ăn mòn 304



4.11 Chất dẻo 307
Đặc tính và ứng dụng 307
Thành phần hóa học và chế tạo 308
Sự phân loại theo công nghệ và cấu trúc bên trong 309
Nhựa nhiệt dẻo, nhựa nhiệt rắn, chất đàn hồi 310
Kiểm tra, định hình và gia công khác 314
4.12 Vật liệu compozit 323
4.13 Vấn đề môi trường của vật liệu 327

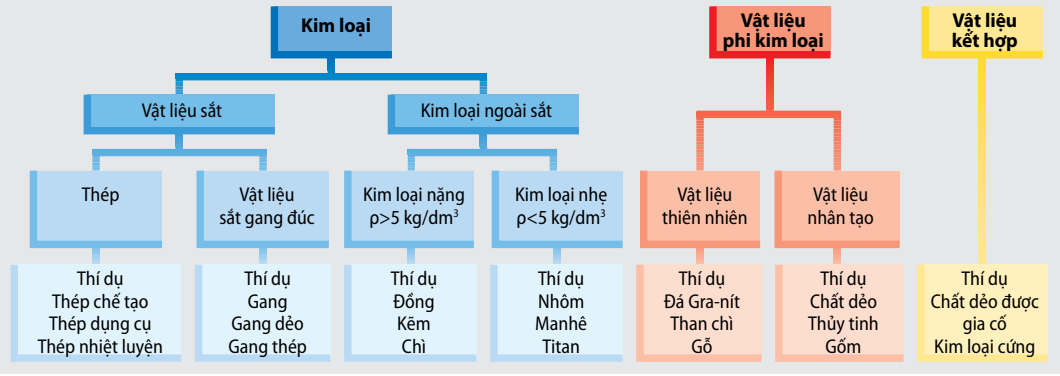
4 Kỹ thuật vật liệu

4.1 Đại cương về vật liệu và phụ liệu

4.1.1 Phân loại vật liệu

Để có cái nhìn tổng quát về tính đa dạng của vật liệu, người ta sắp xếp thành từng nhóm vật liệu theo thành phần hỗn hợp (hợp kim) hoặc theo cùng đặc tính trong nhóm vật liệu (**Hình 1**).

Ba nhóm chính của vật liệu là kim loại, phi kim loại và vật liệu kết hợp. Chúng có thể được tiếp tục chia thành nhóm phụ, thí dụ như vật liệu sắt chia thành 2 nhóm phụ là vật liệu thép và vật liệu gang hoặc kim loại ngoài sắt phân ra 2 nhóm kim loại nặng và kim loại nhẹ.



Hình 1: Phân loại vật liệu thành nhóm

■ Thép

Thép là những vật liệu gốc sắt với độ bền cao. Chúng được chủ yếu đưa vào sản xuất những cơ phận phải chịu và truyền lực: ốc, vít, bulông, bánh xe răng, prôfin (thép hình), trục (**Hình 2**).

■ Gang sắt đúc

Gang sắt là những vật liệu gốc sắt có tính dễ đúc. Gang được đúc thành cấu kiện có hình dáng phức tạp mà phương pháp đúc dễ thực hiện nhất, thí dụ thân hộp động cơ (Hình 2).

■ Kim loại nặng

(Tỷ trọng ϱ nặng hơn 5 kg/dm³)

Kim loại nặng như là đồng, kẽm, crôm, kền, chì. Chúng được sử dụng vì những đặc tính điển hình: Thí dụ như **đồng** dùng làm dây quấn động cơ điện và máy phát điện vì khả năng dẫn điện tốt (**Hình 3**). **Crôm** và **kền,** thí dụ là các yếu tố hợp kim trong thép để đạt được các tính chất nhất định hoặc để cải thiện.

■ Kim loại nhẹ (Tỷ trọng ϱ nhẹ hơn 5 kg/dm³)

Kim loại nhẹ là nhôm, manhê và ti-tan. Đây là những vật liệu nhẹ có loại có độ bền cao. Lĩnh vực ứng dụng chính của chúng là những cấu kiện nhẹ, thí dụ cho ô tô hoặc máy bay (Hình 3).

Hình 2: Chi tiết bằng vật liệu sắt

Hình 3: Cấu kiện bằng kim loại ngoài sắt

■ Vật liệu thiên nhiên

Đây là những chất có trong thiên nhiên như các loại đá hoặc gỗ. Ứng dụng: thí dụ đá granit dùng làm nền cho bàn kiểm tra (bàn máp, marbre) (**Hình 1**).

■ Vật liệu nhân tạo

Thuộc vào loại này là nhóm vật liệu lớn gốc **chất dẻo** cũng như thủy tinh và gốm. Chất dẻo có đặc điểm nhẹ, cách điện, từ loại mềm dẻo như cao su đến loại đã định hình (dạng ổn định) và cứng. Ứng dụng của chúng rất đa dạng từ vật liệu làm bánh xe cho đến cấu kiện của hộp số nhỏ (Hình 1). Vật liệu gốm trong công nghiệp được ứng dụng vì độ cứng và độ bền mài mòn thí dụ như mảnh dao cắt, vòi phun, vòng trượt.

■ Vật liệu kết hợp (compozit)

Vật liệu kết hợp được thành hình do sự kết nối của nhiều loại vật liệu với nhau và thống nhất trong một vật liệu mới có những đặc tính ưu điểm của từng vật liệu riêng lẻ. Thí dụ **chất dẻo được gia cố bằng sợi thủy tinh** có độ bền cao, dẻo dai và nhẹ (**Hình 2**).

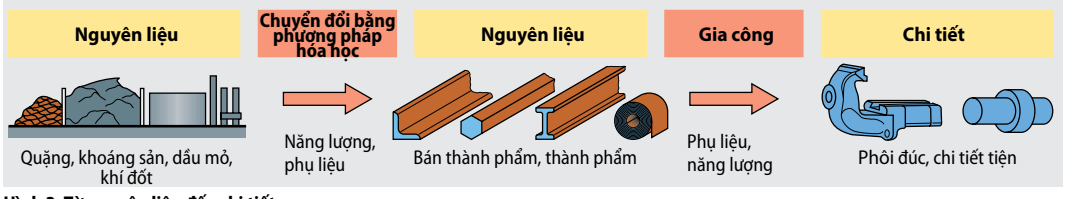
Một loại vật liệu kết nối khác là **kim loại cứng**, có độ cứng của hạt cứng và độ dẻo của kim loại kết nối (Hình 2). Kim loại cứng được dùng làm vật liệu cắt.

Hình 1: Cấu kiện bằng vật liệu phi kim loại (vật liệu không phải kim loại)

Hình 2: Cấu kiện bằng vật liệu kết hợp

4.1.2 Sản xuất vật liệu

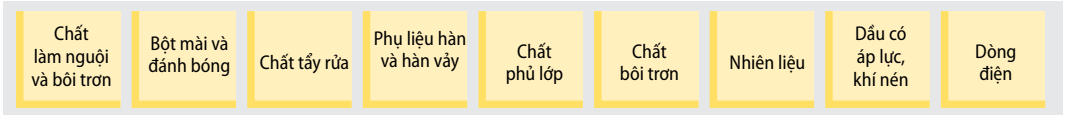
Sự sản xuất vật liệu khởi đầu bằng nguyên liệu (**Hình 3**). Đa số những nguyên liệu này được khai thác từ mỏ quặng trong lớp vỏ trái đất, thí dụ như quặng để thu hoạch kim loại hoặc là dầu hỏa để sản xuất chất dẻo. Qua phản ứng hóa học từ nguyên liệu thô sẽ đạt được những vật liệu và sẽ là sản phẩm dưới dạng những bán thành phẩm hay thành phẩm trên thị trường. Từ những vật liệu này, sẽ được sản xuất thành những chi tiết. Những vật liệu thiên nhiên được lấy trực tiếp từ thiên nhiên.



Hình 3: Từ nguyên liệu đến chi tiết

4.1.3 Phụ liệu và năng lượng

Để sản xuất vật liệu và trong gia công các chi tiết cũng như để vận hành máy móc người ta cần thêm những phụ liệu và năng lượng (**Hình 4**). Thí dụ lúc tiện một chi tiết người ta cần có dung dịch cắt gọt (chất bôi trơn làm nguội) cho dụng cụ cắt. Chất làm trơn để làm trơn bợ trục và năng lượng điện để cho máy công cụ hoạt động.



Hình 4: Phụ liệu và năng lượng

4.2 Chọn lựa vật liệu và đặc tính của vật liệu

Một máy gồm có nhiều cấu kiện bằng vật liệu khác nhau. Mỗi cấu kiện có một nhiệm vụ nhất định phải hoàn thành và được sản xuất với vật liệu phù hợp cho mục đích này.

Thí dụ: **Vật liệu cho cấu kiện của một máy khoan** (**Hình 1**).

Thí dụ những bánh xe răng của hộp số dẫn tiến điều khiển bằng tay phải truyền lực tay sang trục khoan đi xuống. Để giải quyết nhiệm vụ này, bánh xe răng cần phải được làm bằng vật liệu với **độ bền** cao, thí dụ bằng thép nhiệt luyện. Lưỡi khoan phải được làm bằng vật liệu có **độ cứng** cao để có thể cắt vào trong vật liệu cần khoan và đưa phoi lên. Lưỡi khoan được làm bằng thép dụng cụ đã tôi cứng.

Dây đai của bộ phận truyền lực phải **đàn hồi** và truyền được lực kéo lớn. Có thể đáp ứng đòi hỏi này bằng một chất dẻo giống như cao su với dây thép lót.

Chân máy và bàn khoan vì hình dạng phức tạp nên phải được chế tạo bằng phương pháp đúc. Hai bộ phận này còn có nhiệm vụ giảm rung. Vật liệu gang thích hợp nhất cho yêu cầu này.

Hình 1: **Vật liệu cho cấu kiện của một máy khoan**

4.2.1 Chọn lựa vật liệu

Khi chọn lựa vật liệu thích hợp cho cơ phận cần phải mô tả rõ ràng nhiệm vụ của cấu kiện và sau đó trình bày được rõ ràng chính xác những đòi hỏi của vật liệu (**Bảng 1**).

Bảng 1: **Nhiệm vụ kỹ thuật của vật liệu và sự chọn lựa vật liệu**

Yêu cầu đối với vật liệu	**Đặc tính cần thiết**
Vật liệu có phù hợp với chức năng hay không chẳng hạn như trọng lượng, nhiệt độ hóa lỏng hoặc khả năng dẫn điện?	Câu trả lời sẽ cho biết **lý tính** của vật liệu như tỷ trọng, nhiệt độ hóa lỏng, độ dẫn điện
Vật liệu có thể chịu đựng được lực tác động vào cấu kiện hay không?	Những **đặc tính về cơ học** (**cơ tính**) **và công nghệ** trả lời điều này như độ bền, độ cứng, độ dẻo
Vật liệu có bị mòn trên bề mặt trượt không ?	Sức chống mài mòn (độ bền mài mòn) sẽ cho thông tin về vấn để này.
Phương pháp gia công nào sản xuất cấu kiện ít tốn kém ?	**Tính công nghệ** sẽ thông tin về vấn đề này như tính đúc và tính gia công cắt gọt
Trong điều kiện dự định sử dụng, vật liệu của cấu kiện có bị vật liệu xung quanh hoặc nhiệt độ cao ăn mòn hay không ?	**Hóa tính và tính công nghệ** mô tả về những phản ứng này như khả năng chống ăn mòn và sức bền chống lại gỉ sét ở nhiệt độ cao.

Nguyên tắc làm việc

Sau khi cân nhắc tất cả mọi khía cạnh, **vật liệu** cho một cấu kiện sẽ được chọn theo các tiêu chí sau đây :

- Đáp ứng đầy đủ nhất chức năng của cấu kiện và các yêu cầu về kỹ thuật,
- Chi phí sản xuất và giá cả vật liệu thuận lợi nhất và
- Không gây ô nhiễm cho môi trường trong lúc sản xuất và sau khi sử dụng.

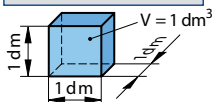
4.2.2 Lý tính vật liệu

Lý tính mô tả đặc tính của vật liệu, không lệ thuộc vào hình dáng, được thể hiện qua những đại lượng vật lý.

■ Tỉ trọng

Tỉ trọng là tỉ số của trọng lượng m và dung tích V của một vật thể

Tỉ trọng $\varrho = m/V$



Người ta có thể tưởng tượng bằng hình ảnh tỉ trọng là trọng lượng của một khối vuông đều cạnh với cạnh dài 1dm. Đơn vị tỉ trọng là kg/dm³, g/cm³, hoặc t/m³ cho chất đặc và chất lỏng hoặc kg/m³ cho chất khí (**Bảng 1**).

■ Điểm hóa lỏng (nhiệt độ nóng chảy)

Điểm hóa lỏng là nhiệt độ từ đó vật liệu bắt đầu nóng chảy.

Điểm này được đặt đơn vị là độ Celcius (°C) hay độ Kelvin (K) (**Bảng 2**).

Kim loại nguyên chất có một điểm hóa lỏng chính xác. Kim loại hỗn hợp (hợp kim), thí dụ như thép và hợp kim CuZn, có một khoảng hóa lỏng.

■ Tính dẫn điện (khả năng dẫn điện)

Tính dẫn điện mô tả khả năng dẫn điện của một chất.

Bạc, đồng, nhôm là những chất dẫn điện rất tốt. Chúng được dùng làm vật liệu dẫn điện (**Bảng 3**).

Những chất không dẫn điện được gọi là vật liệu cách điện. Thuộc vào nhóm này là những chất dẻo, gốm, thủy tinh.

■ Giãn nở chiều dài do nhiệt (Hình 1)

Hệ số giãn nở nhiệt theo chiều dài α là độ dài thay đổi Δl của một vật thể có chiều dài 1m khi nhiệt độ thay đổi $\Delta t = 1^0C$.

Sự gia tăng chiều dài Δl ở dụng cụ đo đạc, ở cấu kiện hoặc ở chi tiết gang đúc phải được lưu tâm giải quyết. Những chi tiết gang bị rút nhỏ lại sau khi đúc, phải được thêm kích thước để bù trừ.

■ Tính dẫn nhiệt

Tính dẫn nhiệt là thước đo về khả năng hấp thụ nhiệt lượng của một chất (**Hình 2**).

Bảng 1: Tỉ trọng của các chất

Chất	Tỉ trọng kg/dm³	Chất	Tỉ trọng kg/dm³
Nước	1	Đồng	8,9
Nhôm	2,7	Chì	11,3
Thép thường	7,8	Vonfram	19,3
Không khí (0°C, 1,013 bar): ρ=1,29 kg/m³			

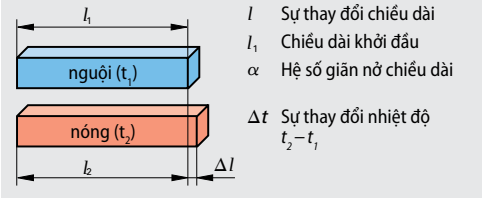
Bảng 2: Nhiệt độ hóa lỏng

Chất	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Chất	Nhiệt độ nóng chảy (°C)
Thiếc	232	Đồng	1083
Chì	327	Sắt	1536
Nhôm	658	Vonfram	3387

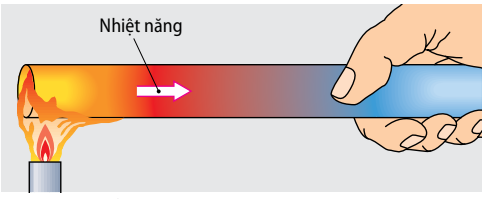
Bảng 3: Độ dẫn điện tính theo phần trăm của đồng

Chất	Phần trăm	Chất	Phần trăm
Đồng	100%	Kẽm	29%
Bạc	106%	Sắt, thép	17%
Nhôm	62%	Chì	8%

Giãn nở chiều dài do nhiệt $\Delta l = l_1 . \alpha . \Delta t$



Hình 1: Giãn nở chiều dài do nhiệt



Hình 2: Tính dẫn nhiệt

Kim loại có khả năng dẫn nhiệt cao, đặc biệt là đồng, nhôm và sắt hoặc thép. Chất dẻo, thủy tinh, không khí có khả năng dẫn nhiệt thấp, chúng được dùng để cách nhiệt.

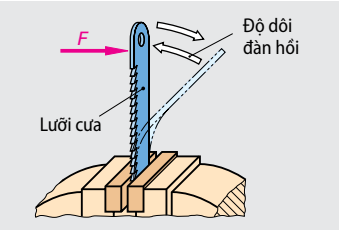
4.2.3 Tính cơ học (Cơ tính) - công nghệ

Tính cơ học – công nghệ là đặc trưng cho sức chịu đựng của vật liệu dưới tác động lực trong trường hợp sử dụng và sản xuất của cấu kiện.

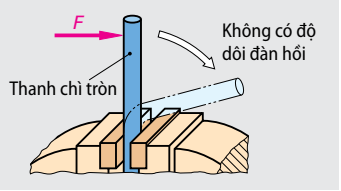
■ Biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo

Dưới tác động lực, các vật liệu biến dạng rất khác nhau.

Một lưỡi cưa bằng vật liệu dụng cụ đã tôi chẳng hạn, có thể bị uốn cong và đàn hồi trở về dạng ban đầu sau khi lực tác động mất đi (**Hình 1**). Phản ứng này được gọi là biến dạng đàn hồi (biến dạng co giãn) hay **tính đàn hồi** của vật liệu. Thí dụ như thép của lưỡi cưa hoặc lò-xo có tính chất đàn hồi thuần túy. Ngược lại, một thanh chì khi bị uốn cong sẽ giữ được phần lớn hình dáng của sự biến dạng. Vật liệu này biến dạng dẻo gần như hoàn toàn (**Hình 2**). Tính chất này được gọi là tính biến dạng dẻo của vật liệu. Thí dụ như thép hoặc sắt ở nhiệt độ rèn hầu như có tính biến dạng dẻo thuần túy.



Hình 1: Tính đàn hồi của lưỡi cưa

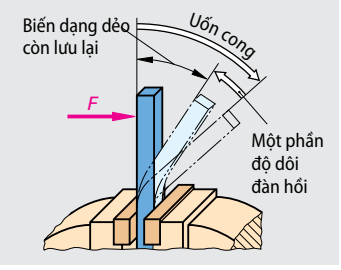


Hình 2: Tính biến dạng của thanh chì

■ Phản ứng biến dạng đàn hồi-dẻo

Một thanh thép carbon hình vuông cho thấy khi bị uốn cong, có cả phần biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo.

Khi uốn cong nhiều, thanh thép sẽ chỉ đàn hồi lại một phần mà thôi, phần còn lại sẽ tồn tại thành biến dạng dẻo (**Hình 3**). Trong trường hợp tải trọng cao vật liệu này có biến dạng đàn hồi - dẻo. Nhiều vật liệu có tính biến dạng dẻo và đàn hồi như thép không tôi, hợp kim nhôm và hợp kim đồng.



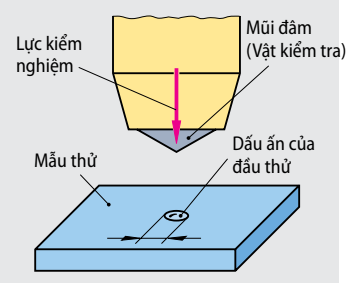
Hình 3: Biến dạng đàn hồi-dẻo của một thanh thép

> Nhiều vật liệu khác nhau có khả năng chịu biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo và biến dạng đàn hồi - dẻo.

■ Độ dai, độ giòn và độ cứng

Dai là từ ngữ gọi tính chất của một vật liệu có thể để biến dạng đàn hồi hoặc biến dạng dẻo, nhưng có một lực đối kháng rất cao chống lại sự biến dạng. Thí dụ thép xây dựng hoặc thép không sét gỉ là vật liệu dai.

Giòn là từ ngữ chỉ những vật liệu mà nếu chịu tải đột ngột sẽ bị vỡ thành nhiều mảnh. Gốm và thủy tinh, hay kể cả một số loại gang sắt và thép tôi không đúng phương pháp cũng được xem là giòn.



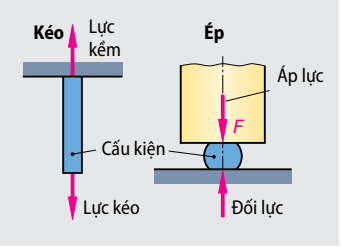
Hình 4: Xác định độ cứng

> Tính **cứng** được hiểu là sự đối kháng của một vật liệu đối với sự thâm nhập của vật kiểm tra (kiểm thể) (**Hình 4**).

Vật liệu cứng như là thép đã tôi, kim loại cứng và bột mài. Vật liệu mềm có thể kể là nhôm, đồng. Các dụng cụ, mặt trượt cũng như mặt bị ăn mòn cần độ cứng cao.

■ Các loại ứng lực

Tùy theo hướng của lực tác động lên cấu kiện, trong vật liệu có nhiều loại ứng lực. Khi hai nguồn lực nghịch hướng từ cấu kiện đi ra trên cùng một đường tác động, thì đó là một ứng lực kéo (**Hình 5**). Khi hai lực tác động nghịch hướng cùng xâm nhập cấu kiện, thì đó là tác động nén.

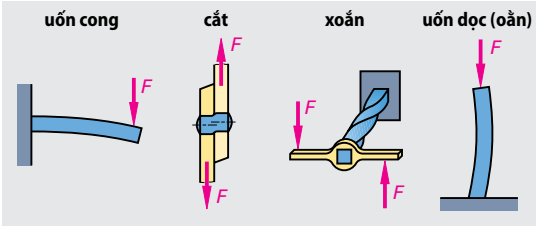


Hình 5: Ứng lực kéo và ép

Ngoài ra còn những hình thức tác động lực khác là uốn, cắt, xoắn và uốn dọc (oằn) (**Hình 1**).

Với từng loại ứng lực, mỗi vật liệu có một giới hạn tải và được gọi là **độ bền**. Tùy theo loại ứng lực mà ta có giới hạn tải như độ bền kéo, độ bền nén, độ bền uốn, độ bền cắt v.v.

Trong kỹ thuật thì tham số vật liệu quan trọng nhất là độ bền kéo.



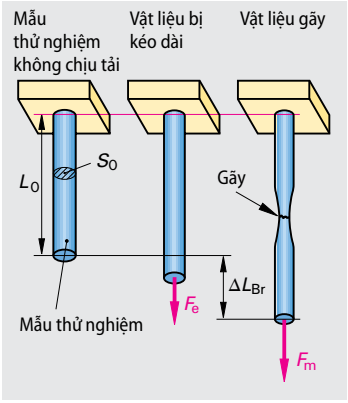
Hình 1: **Các loại ứng lực khác**

■ Độ bền kéo, giới hạn đàn hồi

Để diễn tả độ lớn của ứng lực kéo trong một cấu kiện không lệ thuộc vào kích thước của vật này, người ta sử dụng số chia giữa lực kéo tác động F và tiết diện của cấu kiện S_o. Đại lượng này được gọi là ứng suất kéo σ_z. Đơn vị của ứng suất kéo là N/mm².

Ứng suất kéo $\sigma_z = \frac{F}{S_0}$

Để xác định độ lớn cho khả năng chịu tải của một vật liệu người ta dùng ứng suất kéo trong mẫu thử nghiệm ở một tình trạng biến dạng nhất định (**Hình 2**).



Hình 2: Thanh mẫu thử không chịu tải và dưới ứng lực kéo

Khi mẫu thử bị tác động với một sức kéo nhỏ, đầu tiên nó sẽ chỉ giãn đàn hồi. Điều này xảy ra khi lực kéo tác động dưới mức lực giới hạn của sự biến dạng đàn hồi F_e. Nếu nâng cao sức kéo khỏi mức lực giới hạn F_e, thì sự giãn chiều dài của thanh mẫu bắt đầu mạnh mẽ hơn. Tình trạng này được gọi là vật liệu bị "kéo dài". Sự biến dạng chủ yếu là phần biến dạng dẻo.

Ứng suất kéo nằm sát kề mức kéo giãn trong vật liệu được gọi là **giới hạn đàn hồi** R_e. Tác động lực của giới hạn là tỉ số F_e chia cho S_o và là giới hạn cho sự tác động của một vật liệu mà không có hậu quả biến dạng dẻo đáng kể.

Giới hạn đàn hồi $R_e = \frac{F_e}{S_0}$

Nếu tác động lực kéo ở thanh mẫu kiểm nghiệm được tăng cao hơn giới hạn đàn hồi, thanh mẫu sẽ bắt đầu thắt lại và cuối cùng bị đứt (**Hình 2**). Ứng lực trong vật liệu ở lực kéo lớn nhất F_m là **độ bền kéo** R_m. Lực này được tính bằng tỷ số F_m và S_o và là ứng lực kéo tối đa có thể đạt được trong vật liệu.

Độ bền kéo $R_m = \frac{F_m}{S_0}$

Giới hạn đàn hồi R_e và độ bền kéo R_m có cùng đơn vị N/mm². Thí dụ thép S235JR có giới hạn đàn hồi là R_e=235 N/mm² và độ bền kéo R_m=360 N/mm².

■ Độ giãn, giới hạn giãn gãy

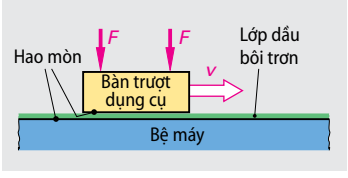
Do tác động của lực, thanh mẫu thử bị kéo dài ra (Hình 2). Tỉ số giữa sự tăng độ dài L chia cho chiều dài ban đầu L_o tính theo phần trăm được gọi là **độ giãn** ε. Độ giãn tồn tại sau khi gãy thanh mẫu gọi là **độ giãn gãy** A. Độ giãn gãy là kích cỡ độ giãn tối đa của một vật liệu.

Độ giãn $\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} \cdot 100\ \%$

Độ giãn gãy $A = \frac{\Delta L_{Br}}{L_0} \cdot 100\ \%$

■ Độ bền mài mòn

Giữa hai chi tiết máy di chuyển ngược hướng với nhau thí dụ như bệ máy và bàn trượt dọc của một máy tiện, sự ma sát và hao mòn ở bề mặt của cấu kiện xuất hiện (**Hình 3**). Ngoài sự phối hợp vật liệu và dầu bôi trơn, độ bền mài mòn của cấu kiện còn tùy thuộc vào dạng ứng lực như: lực, tốc độ, nhiệt độ, thời gian tác động, loại di chuyển và môi trường xung quanh.

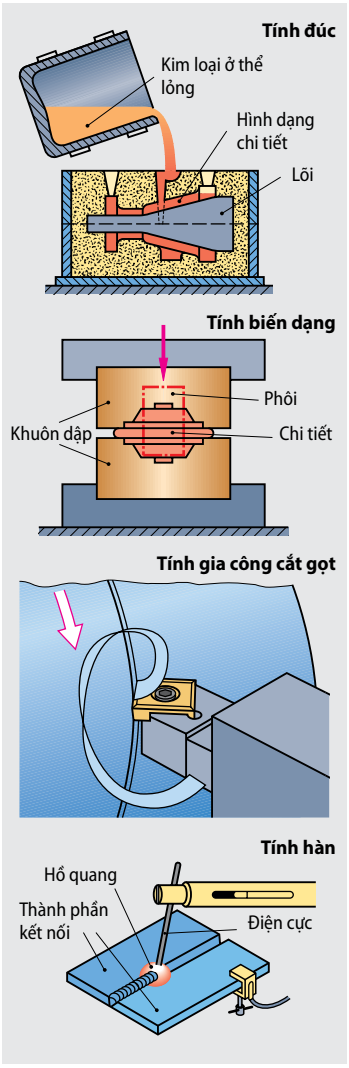


Hình 3: Hao mòn bề mặt trượt

4.2.4 Đặc tính kỹ thuật gia công

Đặc tính kỹ thuật gia công mô tả sự thích ứng của các vật liệu cho những phương pháp sản xuất khác nhau (**Hình 1**).

- **Tính đúc** của một vật liệu trong trường hợp khi nóng chảy có một độ loãng cao, để có thể đổ đầy bộ khuôn đúc và đông đặc mà không có bọt khí. Nhiều loại gang sắt, hợp kim đúc gốc nhôm, hợp kim đồng kẽm và hợp kim đúc của kẽm có tính dễ đúc.
- **Tính biến dạng** là khả năng của một vật liệu bị biến dạng dẻo dưới tác động của lực thành hình dạng một chi tiết. Những phương pháp biến dạng nóng là cán nóng, rèn. Những phương pháp biến dạng nguội là cán lạnh, uốn, bẻ cạnh hoặc vuốt sâu. Dễ biến dạng là các loại thép có thành phần carbon thấp, sắt ròng mềm cũng như hợp kim nhôm và hợp kim đồng. Không có khả năng biến dạng là những loại gang đúc gốc sắt.
- **Tính gia công cắt gọt** đưa ra câu trả lời, khi nào và dưới điều kiện nào một vật liệu được sử dụng cho phương pháp cắt gọt thí dụ như tiện, phay, mài. Đại lượng để đánh giá cho sự thích ứng với gia công cắt gọt là phẩm chất của bề mặt gia công, điều kiện cắt gọt và tuổi thọ của dụng cụ cắt. Phần lớn những vật liệu kim loại đều có tính chất phù hợp cho việc gia công cắt gọt, đặc biệt là thép và thép hợp kim cấp thấp, những loại gang sắt cũng như nhôm và hợp kim nhôm. Khó gia công cắt gọt là những hợp kim rất dai như đồng được làm mềm, thép không gỉ và titan cũng như nhóm vật liệu thật cứng như thép tôi.
- **Tính hàn** mô tả khả năng thích hợp hoặc không thích hợp của một vật liệu cho phương pháp hàn. Thép và thép hợp kim thấp với hàm lượng carbon thấp có thể được hàn rất tốt. Với những phương pháp hàn đặc biệt, người ta cũng có thể hàn được những thép hợp kim hàm lượng cao cũng như hợp kim nhôm và hợp kim đồng.
- **Tính tôi được** *(Khả năng tôi cứng được)* và **tính nhiệt luyện** *(Khả năng xử lý nhiệt được)* là khả năng của một vật liệu đạt được sự nâng cao độ cứng và độ bền qua một phương pháp nhiệt luyện có chủ đích. Tính tôi được có ở đa số các loại thép, một vài loại gang và hợp kim nhôm có đặc tính tôi được qua phương pháp nhiệt luyện.



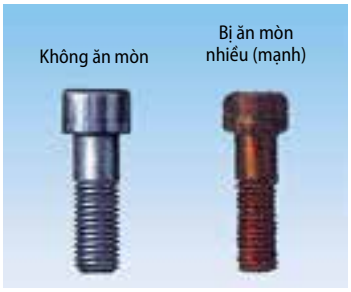
Hình 1: Đặc tính kỹ thuật gia công

4.2.5 Hóa tính và tính công nghệ (Tính hóa học-công nghệ)

Hóa tính và tính công nghệ tìm hiểu những tác động làm thay đổi vật liệu do ảnh hưởng của môi trường và chất có tính ăn mòn (môi trường tác động) cũng như nhiệt độ cao.

- **Tính chịu ăn mòn** diễn tả phản ứng của một vật liệu tác động phá hủy của không khí ẩm, khí quyển vùng kỹ nghệ, nước nhiễm bẩn hoặc những chất có tính ăn mòn khác. Sự phá hủy khởi sự từ mặt ngoài của vật liệu do quá trình hóa học và điện-hóa được gọi là **ăn mòn** (**Hình 2**).

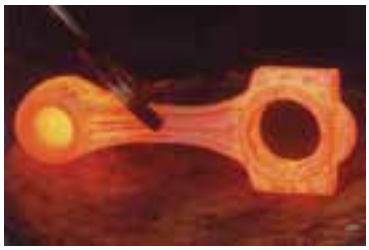
  Không bị ăn mòn thí dụ như thép không gỉ cũng như nhiều hợp kim đồng và nhôm.



Hình 2: Tính chịu ăn mòn

Thép carbon và thép hợp kim thấp cũng như gang trở nên sét gỉ vì bị ăn mòn trong không khí ẩm hoặc trong bầu khí quyển tại khu công nghiệp. Qua xử lý bề mặt, một lớp sơn hay lớp phủ có thể tránh được sự ăn mòn cho một thời gian dài.

- Một đặc tính hóa - kỹ thuật nữa là **khả năng chống sét gỉ** (**ăn mòn**) **ở nhiệt độ cao** (**Hình 1**). Đặc tính này mô tả phản ứng của vật liệu ở nhiệt độ cao.
- Ở một số vật liệu, thí dụ như chất dẻo, khi lựa chọn còn phải để ý tới **khả năng dễ bốc cháy**.



Hình 1: **Sét gỉ trong nhiệt độ cao (khí nóng)**

4.2.6 Thích hợp với môi trường, không hại sức khỏe

Trong sản xuất, gia công và sử dụng đúng kỹ thuật, vật liệu và phụ liệu không được gây nguy hại đến sức khỏe. Sau khi sử dụng dụng cụ và máy móc, vật liệu cần phải tái chế được (recycling).

- **Chất tương thích với môi trường**. Phần lớn vật liệu kim loại được ứng dụng nhiều nhất không gây tổn hại đến môi trường: thép và gang, vật liệu nhôm và vật liệu đồng. Những vật liệu này không bị cho là có ảnh hưởng hại đến sức khỏe. Chúng được gom theo từng loại (**Hình 2**) và nấu chảy để sản xuất thành vật liệu mới.
- **Chất độc**. Những kim loại chì (Pb) và cađimi (Cd) gây độc nếu bị hít vào dưới dạng bụi mịn. Sự ứng dụng của chúng được giới hạn ở mức tối thiểu. Lúc gia công, thí dụ như hàn vảy với dây hàn có thành phần Pb hay Cd, không khí bay ra phải được hút sạch và phòng làm việc phải được thông khí tốt. Điều này cũng phải thực hiện cho gia công hàn điện (**Hình 3**). Cũng nên tránh hít hơi sương của chất lỏng làm nguội-bôi trơn lúc cắt gọt.
- **Những chất làm hại sức khỏe**. Nên tránh dùng những chất có ảnh hưởng mạnh đến sức khỏe thí dụ những chất tẩy rửa lạnh. Nếu bắt buộc phải dùng những chất này, phải dùng những thiết bị thật kín để tránh tiếp xúc với chúng.

Trong trường hợp sử dụng chất độc, phải tuân theo các quy định của hiệp hội nghề cho bảo hiểm tai nạn và bệnh nghề nghiệp.

Hình 2: **Vật liệu tái sinh**

Hình 3: **Hút khí**

Ôn tập và đào sâu

1. Hãy sắp xếp các kim loại đồng, sắt, ti-tan, kẽm, manhê, chì và nhôm vào nhóm kim loại nhẹ hoặc kim loại nặng.
2. Dựa vào tính chất nào khiến chất dẻo có sự ứng dụng đa dạng ?
3. Lưỡi phay và chi tiết gia công trong hình có thể bằng vật liệu gì?

4. Một chi tiết có khối lượng 6,48 kg và thể tích 2,4 dm^3. a) Vật liệu của chi tiết này có tỉ trọng bao nhiêu? b) Vật liệu này có thể là vật liệu gì ?
5. Hãy mô tả khả năng biến dạng đàn hồi-dẻo của một thanh thép.
6. Giới hạn đàn hồi R_e và sức bền kéo R_m của một vật liệu cho biết điều gì ?
7. Hãy cho biết ba đặc tính kỹ thuật gia công. Hãy giải thích các tính chất này cho từng tính chất với một vật liệu phù hợp cho phương pháp sản xuất này.
8. Làm thế nào để tránh hiện tượng ăn mòn ở các cấu kiện kim loại.

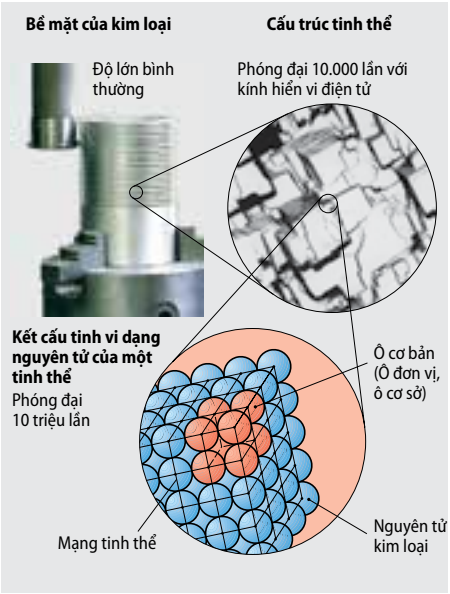
4.3 Cấu trúc bên trong của kim loại

Ở kích thước bình thường kim loại xuất hiện như một chất đồng nhất, không để nhìn thấy được cấu trúc bên trong (**Hình 1**, phần hình bên trái).
Quan sát bề mặt bị ăn mòn của một kim loại phóng đại 10 000 lần thí dụ với kính hiển vi điện tử, người ta sẽ thấy kim loại có một cấu trúc tinh vi cực kỳ phức tạp (Hình 1, bên phải). Người ta nhận dạng được rằng nó được kết cấu bằng nhiều hạt nhỏ, đều, còn gọi là **tinh thể**.

Người ta gọi sự kết cấu tinh vi của kim loại là **kết cấu tinh thể** hoặc **cấu trúc tinh thể**.

Nếu phóng đại ảnh của một góc tinh thể lớn hơn nữa, thí dụ 10.000.000 lần, người ta sẽ thấy được thành phần nhỏ nhất của kim loại, thành phần nguyên tử [1] (Hình 1, phía dưới). Chúng được sắp đặt ở vị trí với khoảng cách và góc cố định.

Nếu nối những tâm điểm của nguyên tử với nhau, những đường nối trở thành mạng lưới không gian và được gọi là **mạng lập thể** hay **mạng tinh thể**. Cái đơn vị đặc biệt nhỏ nhất của mạng tinh thể được gọi là **ô đơn vị** (**ô cơ sở** hay **ô cơ bản**).



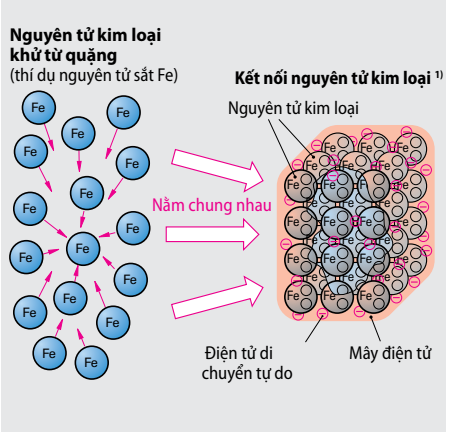
Hình 1: Bề mặt vật liệu và cấu trúc bên trong

4.3.1 Cấu trúc bên trong và tính chất

■ Kết nối kim loại và độ bền

Ở thể rắn, kim loại có một kết nối chặt. Nguyên nhân là lực kết nối kim loại giữ chặt từng phần tử nhỏ với nhau. Sự kết nối kim loại sinh ra trong quá trình khai thác kim loại. Ngay sau khi khử chất quặng, các nguyên tử kim loại gặp gỡ và kết dính với nhau. Trong khi khử, những điện tử có kết nối lỏng lẻo của nguyên tử kim loại được tách rời (**Hình 2**). Chúng bao bọc khối nguyên tử kim loại dưới hình thức đám mây điện tử. Những điện tử có thể di chuyển tự do trong đám mây điện tử, nhưng không tách rời vùng này. Chúng giữ các nguyên tử[1] kim loại với nhau như là một loại "nhựa gắn (ma tít) điện tử".

Sự kết nối kim loại tác động đến việc kết hợp cực kỳ chặt chẽ của các phần tử kim loại và do đó quyết định **độ bền** của kim loại.

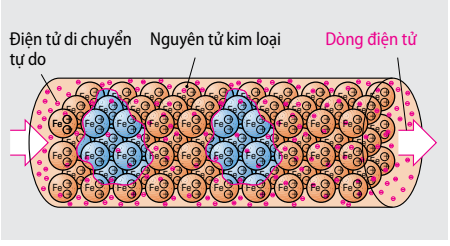


Hình 2: **Phát sinh của kết nối kim loại** (**thí dụ sắt**)

■ Khả năng dẫn điện

Những điện tử di chuyển tự do có thể bị một điện áp làm cho chuyển động (**Hình 3**). Một dòng điện tử sẽ chạy qua (dòng điện).

Kim loại là những **chất dẫn điện** tốt.

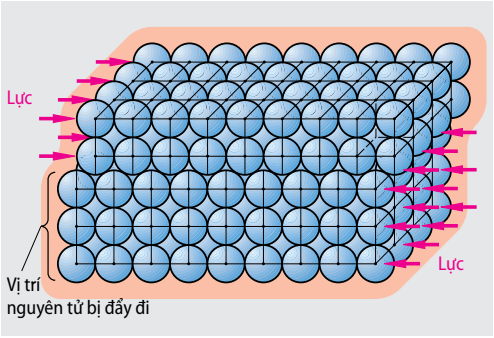


Hình 3: **Dòng dẫn điện trong một dây kim loại**

[1] *Ở đây được gọi một cách đơn giản bằng từ ngữ* ***nguyên tử kim loại****. Chính xác theo khoa học phải gọi là ion kim loại (người dịch).*

■ Tính năng biến dạng của kim loại

Kim loại biến dạng đàn hồi ở tải thấp, và ở tải cao có thêm phần biến dạng dẻo (trang 242). Tính năng biến dạng này dựa vào cấu trúc tinh thể nhuyễn của nó (**Hình 1**). Nếu tác động của lực thấp, những nguyên tử sẽ bị đẩy đi một tí ra khỏi vị trí của chúng trong mạng tinh thể và quay về chỗ cũ sau khi lực tác động mất đi. Chúng bị biến dạng đàn hồi.



Hình 1: Biến dạng dẻo của một tinh thể do vị trí của nguyên tử kim loại bị đẩy đi

Khi bị tác động với lực lớn tại một vị trí của tinh thể thì vị trí nguyên tử ở trên có thể bị đẩy từ "thứ tự - trên dưới" ổn định sang "thứ tự - chỗ trống" cũng ổn định. Vị trí ổn định mới này sẽ được giữ lại, khi tác động lực được rút đi. Hình dạng bị biến dạng vĩnh viễn (**biến dạng dẻo**). Sau khi bị dịch chuyển, lực kết cấu giữa những nguyên tử kim loại trở về như lúc ban đầu. Vì thế mà việc dịch chuyển không gây đứt rời vật thể kim loại, mà chỉ đạt được một biến dạng lâu dài. Sự biến dạng dẻo có thể do tác động lực liên tục kéo dài cho đến khi tất cả vị trí của nguyên tử kim loại ở khu bị tác động của cấu kiện bị đẩy đi. Từ tình trạng này kim thể sẽ bị đứt gãy do tác động lực kế tiếp.

4.3.2 Mẫu mạng tinh thể của kim loại

Nguyên tử của những kim loại kết cấu với nhau với sự sắp xếp hình học khác nhau. Điều này tùy thuộc vào loại kim loại và đôi khi tùy thuộc vào nhiệt độ.

Kim loại có mạng lập phương thể tâm (mạng lập phương tâm khối), mạng lập phương diện tâm (mạng lập phương tâm mặt) hay mạng lập phương tâm thiết diện hay lục giác.

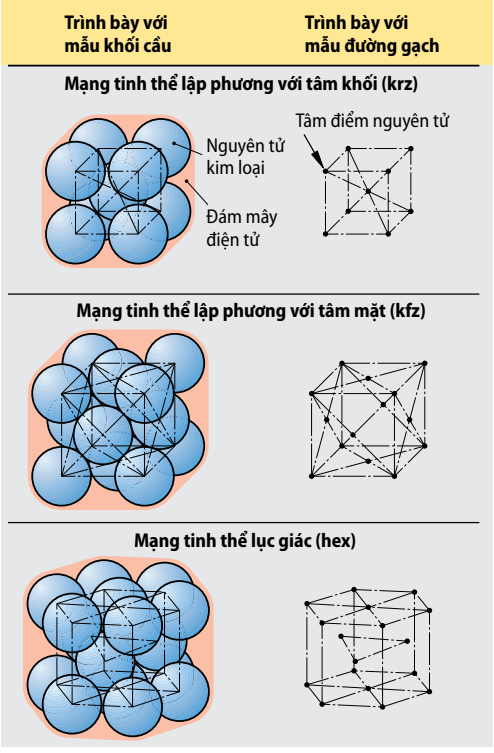
Sự xếp đặt những nguyên tử kim loại được trình bày bằng đồ họa qua một tinh thể sơ đẳng (ô đơn vị) (**Hình 2**).

■ Mạng tinh thể lập phương với tâm khối

Trong mạng tinh thể lập phương với tâm khối (krz), các nguyên tử được sắp xếp sao cho các đường nối liền của tâm điểm nguyên tử này đến tâm điểm nguyên tử khác tạo thành một hình khối vuông (khối lập phương) (Hình 2, phần trên). Thêm vào đó còn một nguyên tử kim loại nằm ở trung tâm khối. Thí dụ như sắt ở nhiệt độ thấp hơn 911°C cũng như crôm, volfram và va-na-đium có một mạng tinh thể khối vuông với tâm khối.

■ Mạng tinh thể lập phương với tâm mặt

Mạng tinh thể lập phương với tâm mặt (kfz) có một khối vuông là vật thể cơ bản và thêm vào đó có một nguyên tử nằm ở trung tâm mỗi thiết diện (Hình 2, phần giữa). Các kim loại nhôm, đồng và sắt trên 911°C có dạng tinh thể này.



Hình 2: Những loại mạng tinh thể

■ Mạng tinh thể lục giác

Những kim loại nhôm, kẽm và titan có mạng tinh thể lục giác (hex). Ở loại mạng này các nguyên tử tạo thành một lăng trụ lục giác với mỗi mặt đáy có một nguyên tử ở tâm đáy và ba nguyên tử bên trong của lăng trụ (Hình 2, phần dưới).

4.3.3 Lỗi cấu trúc trong tinh thể

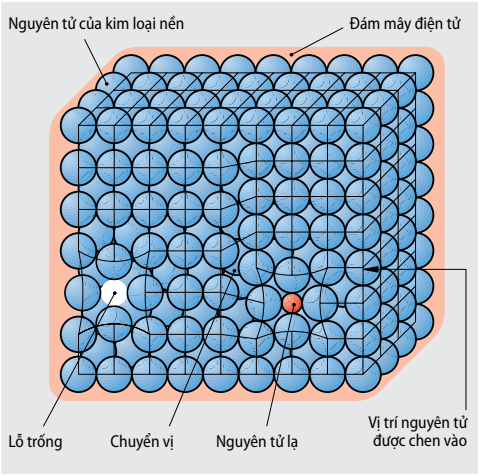
Tinh thể của một kim loại không hoàn hảo mà có những khuyết tật như lỗ trống, chuyển dịch vị trí (chuyển vị) và bị nguyên tử lạ chen vào **(Hình 1)**.

Lỗ trống là một vị trí không bị chiếm chỗ của mạng tinh thể. Trong **vị trí bị chuyển dịch**, cả một lớp nguyên tử xen vào hoặc thiếu đi một lớp. **Nguyên tử lạ** là nguyên tử của một nguyên tố khác chen vào mạng tinh thể và chiếm vị trí của nguyên tử kim loại chính.

> Lỗi cấu trúc làm biến dạng mạng tinh thể và tăng độ bền.

Tác động tăng độ bền hình thành trong việc pha trộn hợp kim. Ở đấy những nguyên tử lạ chen vào chiếm chỗ của kim loại chính trong mạng tinh thể.

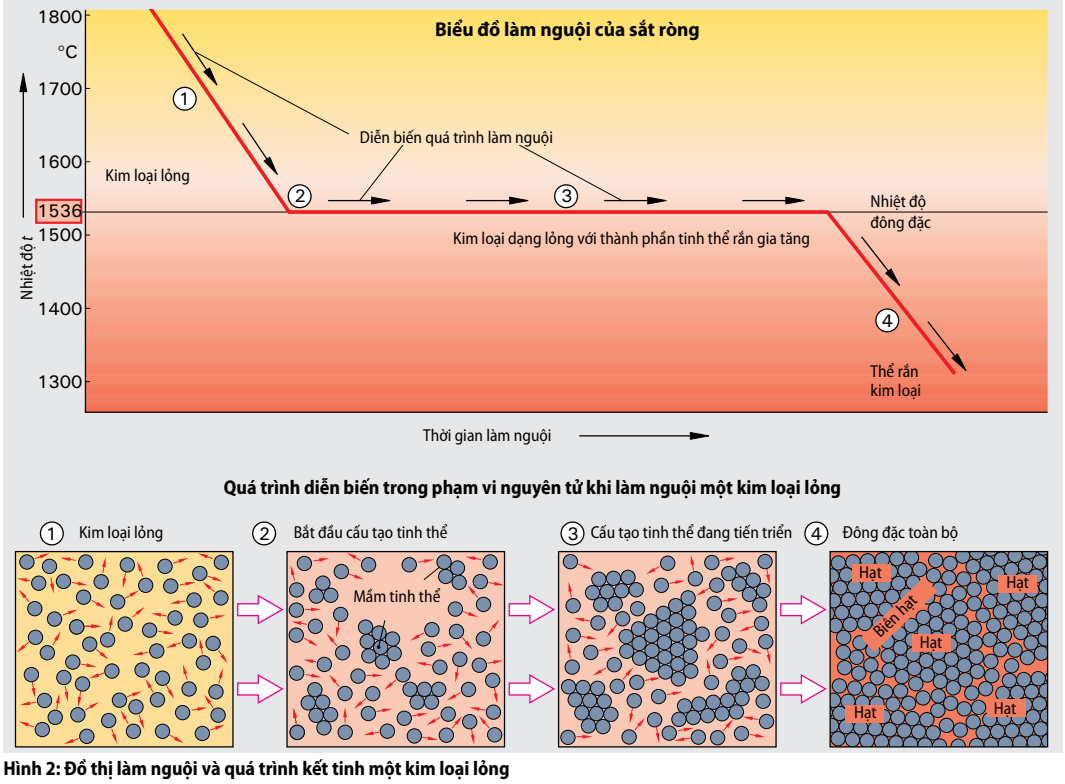
Trong trường hợp tăng độ bền (gia cố) đạt được do biến dạng nguội, sẽ hình thành lỗ trống và chuyển vị.



Hình 1: Lỗi cấu trúc trong tinh thể

4.3.4 Sự phát sinh của cấu trúc kim loại

Cơ cấu của vật liệu kim loại, tức là sự cấu tạo của tinh thể (Hình 1, trang 246), thành hình sau khi đúc trong quá trình đông đặc của chất lỏng kim loại thành thể rắn. Sự đông đặc của chất lỏng kim loại đi qua nhiều bước trung gian. **Thí dụ**: Sự làm nguội của sắt ròng và những quá trình diễn biến trong chất lỏng (**Hình 2**).



Hình 2: Đồ thị làm nguội và quá trình kết tinh một kim loại lỏng

Ở hình 2 trang 248 cho thấy trong những bước giảm nhiệt từ 1 đến 4 các hiện tượng sau đây:

① **Kim loại nóng chảy**. Trong kim loại nóng chảy những nguyên tử dịch chuyển tự do và không theo quy luật. Trong quá trình giảm nhiệt độ của chất lỏng, chuyển động của nguyên tử kim loại chậm dần.

② **Bắt đầu cấu tạo tinh thể**. Khi đạt tới nhiệt độ đông đặc (của sắt: 1536^{0}C), trong chất lỏng bắt đầu sự tụ tập nguyên tử kim loại dưới dạng một loại mạng tinh thể. Ở những vị trí có sự bắt đầu phát triển tinh thể được gọi là **mầm kết tinh**.

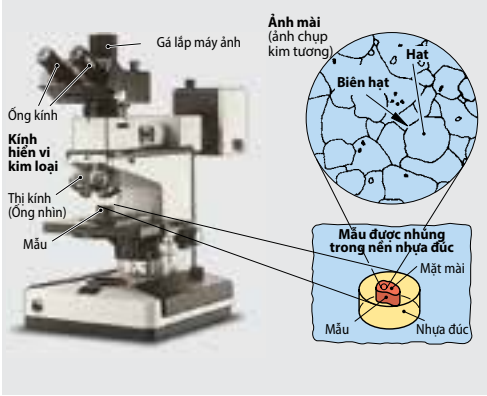
③ **Cấu tạo tinh thể đang tiến triển**. Những nguyên tử kim loại trong chất lỏng còn lại tiếp tục nối kết thêm mãi vào những tinh thể. Nhiệt độ không thay đổi suốt thời gian kết tinh ở mức nhiệt độ đông đặc, vì nhiệt lượng thoát ra do sự kết tinh phải được giải thoát. Đồ thị nhiệt độ trong giai đoạn này nằm ngang. Khi chất lỏng gần hết, các tinh thể bành trướng bị va chạm nhau. Những tinh thể bị giới hạn không đồng đều do ảnh hưởng va chạm được gọi là **tinh thể méo** hay **hạt**. Những nguyên tử kim loại ở vùng ranh giới của các hạt có thể có phần không được xếp vào mạng tinh thể. Chúng tạo với những nguyên tử lạ giữa những hạt tinh thể một lớp ngăn cách không trật tự, đó là **biên hạt** (**giới hạn hạt**).

④ **Đông đặc toàn bộ**. Khi tất cả nguyên tử kim loại có một vị trí xác định, là lúc chất lỏng đã đông đặc toàn diện. Cấu trúc của vật liệu đã được hình thành. Nhiệt độ của vật thể kim loại cứng mới thành hình tiếp tục giảm do sự tháo nhiệt liên tục, đồ thị giảm nhiệt hạ thấp.

4.3.5 Loại cấu trúc và tính chất vật liệu

Cấu trúc của vật liệu không thể nhìn thấy được bằng mắt thường. Những hạt của cấu trúc quá nhỏ (kích cỡ từ 1µm đến 100 µm) và biên hạt không thể thấy được. Để nhìn thấy được cấu trúc, cần phải sử dụng một kỹ thuật đặc biệt, **môn kim loại học** (**kim tương học**). Người ta cắt một miếng vật liệu cỡ một hạt dẻ, dùng một chất nhựa (dính) đúc bọc xung quanh, mài một mặt và đánh bóng. Tiếp theo đó, mặt kim loại đánh bóng được nhúng vào một chất ăn mòn rồi đưa vào một kính hiển vi kim loại để quan sát (**Hình 1**).

Bức ảnh của kính hiển vi cung cấp được gọi là **ảnh mài** (**ảnh chụp cấu trúc tế vi, ảnh chụp kim tương**). Nó cho thấy hạt và biên hạt.



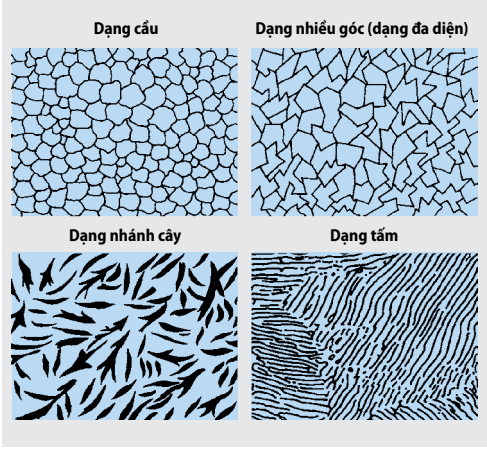
Hình 1: Hiển thị hóa một ảnh mài (ảnh chụp cấu trúc tế vi)

■ Dạng hạt

Những kim loại khác nhau và cả những loại mạng tinh thể khác nhau của một kim loại cấu tạo thành những dạng hạt điển hình nhất định (**Hình 2**).

Sắt ròng tạo thành loại hạt tròn (dạng cầu). Sắt với cấu trúc austenit (ôstenit) có loại hạt nhiều góc (đa diện). Thép trui cứng (cấu trúc Martensit) thể hiện hạt hình kim như dạng nhánh cây (đenđrit). Lá mỏng xementit (cacbua sắt) của cấu trúc peclit và tấm mỏng carbon của gang xám lập thành những lớp mỏng (cấu trúc dạng tấm).

Những dạng hạt của cấu trúc bị thay đổi thí dụ như do cán nguội. Trong trường hợp này những hạt bị kéo dài ra trên hướng cán, cấu trúc có một **kết cấu mạng lưới dệt**. Độ bền của vật liệu được nâng cao theo chiều cán và giảm tính đàn hồi (độ giãn). Với nung ủ tái kết tinh, kết cấu mạng lưới dệt sẽ bị tiêu hủy.



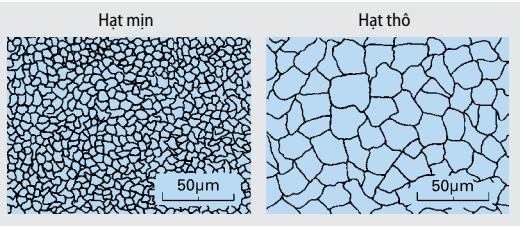
Hình 2: Các dạng hạt

■ Độ lớn của hạt

Kim loại có độ lớn của hạt từ dưới 1 μm cho đến 100 μm (**Hình 1**). Một vật liệu với cấu trúc hạt mịn có độ bền cao hơn và độ giãn nhiều hơn cấu trúc hạt thô.

Kích cỡ hạt mong muốn có thể đạt được bằng những cách sau đây:

- nhiệt luyện, như nung thường hóa
- biến dạng nóng, như cán nóng
- thêm nguyên tố hợp kim như mangan vào thép xây dựng hạt mịn.



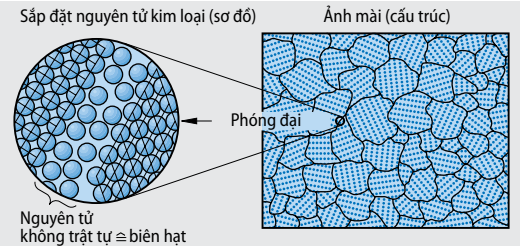
Hình 1: Cấu trúc với kích cỡ hạt khác nhau

4.3.6 Cấu trúc kim loại ròng và cấu trúc hợp kim

■ **Kim loại ròng** (nguyên chất) có cấu trúc thống nhất (thuần chất) (**Hình 2**). Tất cả những hạt có cùng loại nguyên tử và có cùng kết cấu của mạng tinh thể. Thí dụ sắt có nguyên tử sắt sắp xếp theo dạng tâm khối. Những hạt phân biệt với nhau qua sự sắp xếp mạng tinh thể theo thứ tự.

Kim loại nguyên chất có độ bền tương đối thấp.

Đa số kim loại không được dùng trong kỹ thuật dưới dạng nguyên chất, mà là dạng hợp kim.

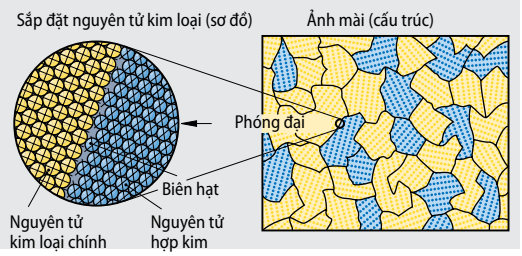


Hình 2: Cấu trúc bên trong của một kim loại ròng

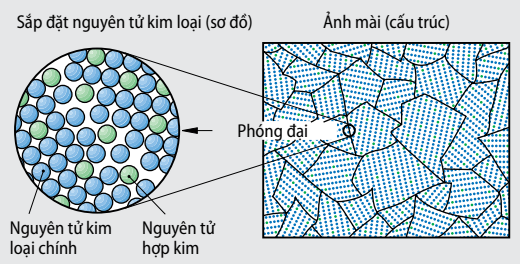
■ **Hợp kim** là những hợp chất của nhiều kim loại hoặc hợp chất giữa kim loại và không kim loại.

Ở trạng thái lỏng (nóng chảy), các nguyên tố hợp kim được phân phối đều. Chất lỏng khi đông đặc, tùy theo kim loại chính và những nguyên tố hợp kim, sẽ tự tạo thành những cấu trúc khác nhau.

Trong những **hợp kim có hỗn hợp tinh thể** những nguyên tử khác nhau không hòa vào nhau lúc đông đặc, mà tách rời và tụ họp riêng rẽ thành nhóm những hạt cấu trúc khác nhau (**Hình 3**). Ở hợp kim có **tinh thể trộn lẫn,** những nguyên tử của nguyên tố hợp kim chia đều trong mạng tinh thể (**Hình 4**).



Hình 3: Cấu trúc bên trong của một hợp kim với hỗn hợp tinh thể



Hình 4: Cấu trúc bên trong của một hợp kim với tinh thể hỗn hợp

So sánh với kim loại ròng làm nền, hợp kim thường có đặc tính được cải thiện như có độ bền cao hơn, có khả năng chịu đựng ăn mòn được cải thiện hoặc có độ cứng cao hơn.

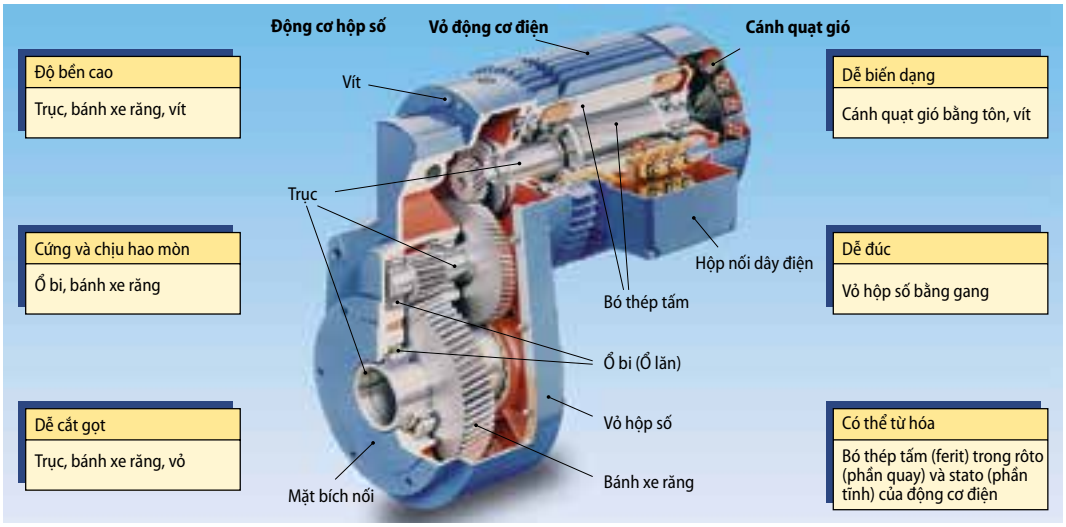
Ôn tập và đào sâu

1 Cấu trúc một kim loại cho thấy điều gì?
2 Những kim loại cấu trúc như thế nào ở kích cỡ nguyên tử?
3 Ba loại mạng tinh thể nào được tìm thấy trong kim loại?
4 Những loại khuyết tật nào có trong cấu tạo tinh thể?
5 Dựa trên cơ sở nào để phân biệt biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo các kim loại?
6 Cấu trúc của kim loại thành hình như thế nào?
7 Làm thế nào để thấy được cấu trúc kim loại?
8 Dựa trên cấu trúc và đặc tính, kim loại ròng và hợp kim phân biệt với nhau như thế nào?

4.4 Vật liệu thép và gang đúc

Những vật liệu được gọi là **thép** khi thành phần chính là sắt thông thường chứa hàm lượng carbon thấp hơn 2% và có thêm hàm lượng các nguyên tố khác. Thép được gia công tiếp tục bằng phương pháp cán để trở thành bán thành phẩm hoặc thành phẩm.

Gang đúc cũng là vật liệu gốc sắt. Tuy nhiên trong gang sắt có trữ lượng trên 2% carbon, cũng có thể chứa các nguyên liệu khác và được đúc thành chi tiết. Qua sản xuất có chủ đích, qua luyện kim và qua nhiệt luyện, thép và gang sắt có thể có những đặc tính vật liệu hoàn toàn khác nhau (**Hình 1**). Ngoài ra vì được sản xuất với giá rẻ, thép và gang sắt là những vật liệu kim loại được sử dụng nhiều nhất.



Hình 1: Tính chất của vật liệu thép và gang đúc qua thí dụ một động cơ hộp số

Những tính chất tiêu biểu của thép và gang sắt là:

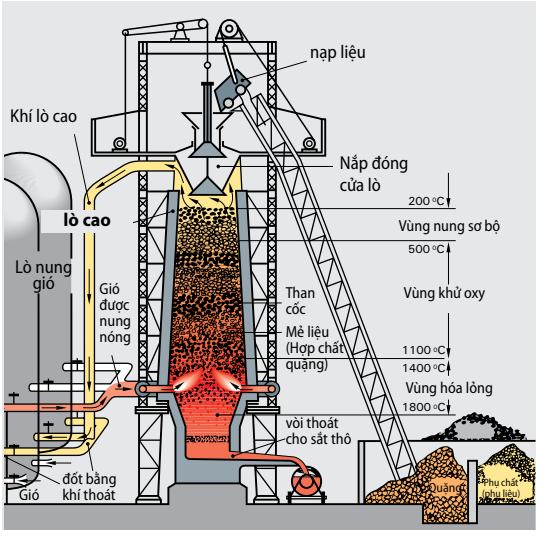
- dễ bị ăn mòn ở trạng thái không phải là hợp kim
- có độ bền chống ăn mòn ở trạng thái hợp kim
- tỉ trọng lớn: $\varrho = 7{,}85\ kg/dm^3$
- có thể tái chế được

4.4.1 Luyện gang thô (gang thỏi)

Thép và gang sắt được sản xuất từ sắt thô. Chính sắt thô được làm thành từ quặng sắt ở lò cao (**Hình 2**).

Quá trình trong lò cao. Lò cao được đổ vào từng đợt với một hỗn hợp gồm quặng, phụ chất và than cốc. Phụ gia (chất trợ dung) tiếp nhận thành phần của những loại quặng lúc đun chảy. Than cốc cháy một phần do gió nóng được thổi vào và nhờ đó cung cấp nhiệt nóng chảy cho các chất đưa vào. Phần còn lại của than cốc khử quặng sắt thành kim loại sắt. Trong sắt có thành phần carbon của than cốc hòa tan. Sắt thô phát sinh ở thể lỏng tụ lại dưới đáy lò, được cho chảy ra theo mẻ.

Quặng sắt được khử oxy trong lò cao biến thành gang thỏi.



Hình 2: Luyện gang thô trong lò cao

4.4.2 Sản xuất thép

4.4.2.1 Tinh luyện

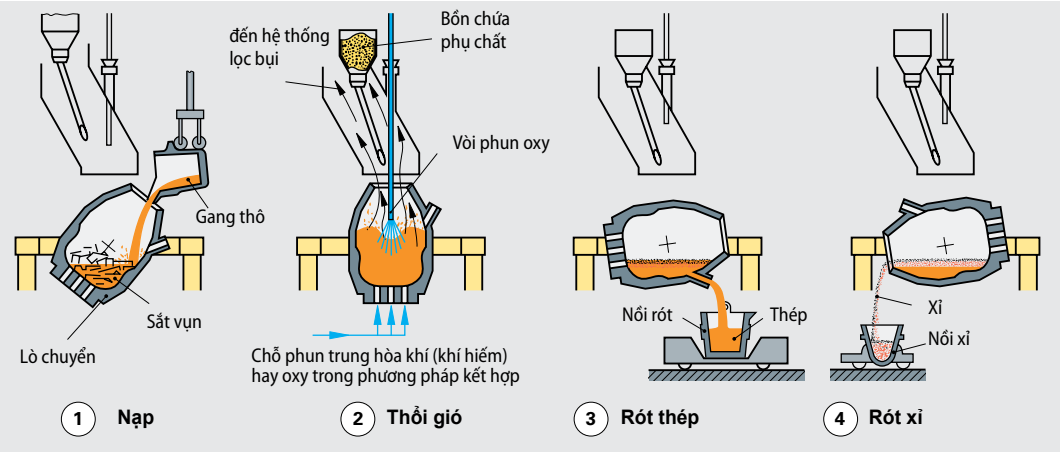
Ngoài thành phần chính là sắt, sắt thô bao gồm độ 4% carbon và những chất kèm theo hoặc không thích hợp hoặc quá nhiều nguyên tố tạp như silic, mangan, sulphur (lưu huỳnh) và photpho.

Trong việc sản xuất thép từ gang thỏi, ta cần phải hạ thấp lượng carbon và loại trừ đến mức thấp nhất các chất không thích hợp. Người ta gọi quá trình này là **tinh luyện**. Sau khi tinh luyện, thép sẽ được xử lý lại (Trang 253).

Những phương pháp tinh luyện quan trọng nhất là phương pháp thổi oxy, phương pháp thổi liên kết oxy khí trơ và phương pháp tia điện hồ quang.

■ Phương pháp thổi oxy

Phương pháp thổi oxy được thực hiện trong một lò chuyển (nồi chuyển đổi) (**Hình 1**). Sắt vụn và gang thỏi dưới dạng lỏng được cho vào lò chuyển ở vị trí đong đầy ①.Tiếp theo đó lò được dựng đứng và được thổi oxy vào gang thỏi lỏng với áp suất 8 đến 12 bar ②. Oxy bắt đầu phản ứng mãnh liệt với những chất kèm theo sắt có tác dụng làm cho chất lỏng sôi. Bây giờ vôi được đưa thêm vào. Chúng tạo thành một loại xỉ sắt lỏng trên mặt sắt lỏng và kết cấu với những thành phần thể rắn bị cháy cũng như những chất kèm theo sắt không thích hợp. Chất carbon trong sắt thô được đốt cháy trong khi tinh luyện hầu như tất cả thành CO và CO_2, bay lên dưới dạng khí. Những thành phần hợp kim cần thiết và những chất khử oxy sẽ được thêm vào sau khi xong tinh luyện và trước khi đúc thép. Sau đó, trước tiên là cho thép chảy xuyên qua lỗ thoát vào máng (nồi) đúc ③ và tiếp theo xỉ sắt được đổ ra vành miệng của lò (nồi) chuyển ④.



Hình 1: **Sản xuất thép bằng phương pháp thổi oxy cũng như phương pháp thổi kết hợp**

■ Phương pháp thổi kết hợp oxy/khí hiếm

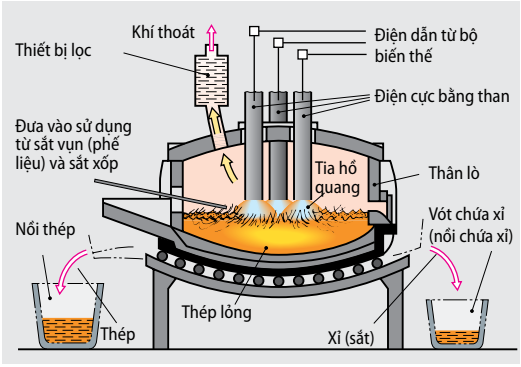
Trong phương pháp thổi oxy, bể nóng chảy không được tia oxy từ phía trên xáo trộn kỹ càng. Ngoài ra phạm vi dùng sắt phế liệu bị giới hạn và xỉ sắt có chứa nhiều oxít sắt. Với phương pháp thổi kết hợp, người ta thổi thêm vào oxy và khí hiếm như argon hay nitơ qua đáy của lò chuyển vào kim loại lỏng. Những loại khí này trộn khối lỏng đều hơn, nhờ thế sẽ có thể sử dụng nhiều sắt vụn hơn. Hơn nữa thời gian thổi khí ngắn hơn cũng như sự thất thoát sắt và các nguyên tố hợp kim ít hơn. Thép tinh luyện ít bị sét gỉ xâm nhập và có thể sử dụng cách này cho những loại thép mềm với thành phần carbon đến 0,02%. Chính vì những ưu thế này mà phần lớn chỉ còn dùng phương pháp thổi kết hợp.

■ Phương pháp lò điện

Phương pháp lò điện được thực hiện trong một lò điện hồ quang hoặc một lò cảm ứng (**Hình 1**).

Nguyên liệu được đưa vào **lò hồ quang** đa số là thép vụn, cũng có một phần là sắt xốp và sắt thô. Ngoài ra có thêm vào vôi để cấu kết thành xỉ sắt và chất khử. Tia hồ quang giữa điện cực than và vật liệu hóa lỏng tạo ra nhiệt độ có thể lên đến 3500^{0}C. Vì thế những nguyên tố khó hóa lỏng như vonfram hay molybden cũng được nấu chảy.

Lò hồ quang được dùng ưu tiên cho việc tái sản xuất thép từ thép vụn (tái chế).

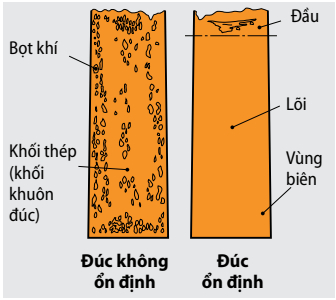


Hình 1: Phương pháp lò điện trong lò tia điện hồ quang

4.4.2.2 Những phương pháp xử lý tiếp cho thép

■ Khử oxy

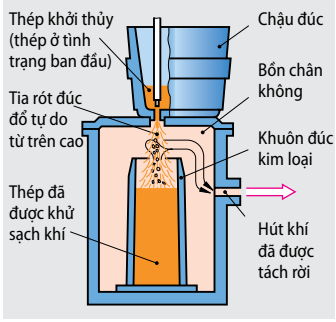
Khi khử oxy, thép hóa lỏng được thêm vào nguyên liệu silic hoặc nhôm. Những nguyên liệu này kết nối với oxy được tách rời lúc thép đông đặc. Trong thép lỏng không nổi lên bọt khí, cho nên thép thỏi không có lỗ bọng của bọt khí (**Hình 2**). Thép đông đặc trong tình trạng đã khử được oxy (ổn định). Vùng rìa (vùng biên) và lõi có cùng một thành phần như nhau. Vì thế mà tất cả các loại thép đều được đúc ở tình trạng khử oxy.



Hình 2: Khối thép đúc không ổn định và đúc ổn định

■ Khử khí bằng áp suất chân không

Tuy đã qua giai đoạn khử oxy nhưng cũng còn thành phần khí hòa tan, nhất là khí hydro (khinh khí) trong thép. Chúng sẽ tách rời thép theo thời gian, gây ứng suất lớn và đường nứt mịn trong thép và do đó làm suy giảm độ đàn hồi và độ bền chống lão hóa. Nếu đổ thép lỏng sang một bồn chứa chân không, các loại khí sẽ thoát hầu hết khỏi thép lỏng và có thể hút hết ra được (**Hình 3**).



Hình 3: Khử khí bằng phương pháp chân không

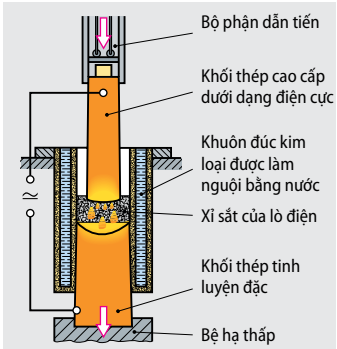
■ Xử lý bằng khí lọc (Làm sạch bằng khí)

Trong việc xử lý bằng khí lọc, khí làm sạch (argon) được ép thổi từ dưới xuyên qua thép lỏng. Trong tình thế này, khí hòa trộn với thép lỏng, tách rời chất bẩn và đưa lên mặt thép lỏng. Việc xử lý sạch bằng khí argon có thể thay thế hay bổ sung cho phương pháp chân không.

■ Phương pháp nấu lỏng lại

Người ta dùng phương pháp nấu lỏng lại đặc biệt để sản xuất thép không gỉ tinh khiết. Trong **phương pháp tinh luyện thép bằng điện** (**Phương pháp nung chảy lại để tinh luyện kim loại**), khối thép cao cấp (không gỉ) sản xuất bằng phương pháp lò điện được xem là điện cực nóng chảy nhúng vào xỉ sắt thể lỏng trong một khuôn đúc kim loại (**Hình 4**). Nhiệt lượng cần thiết để làm nóng chảy được sinh ra khi điện đi qua bể xỉ sắt lỏng có tác dụng như một điện trở. Thép được nung chảy nhỏ giọt qua lớp xỉ sắt để lọc rửa trong khuôn đúc đồng được làm nguội bằng nước và đông đặc thành một thỏi nấu lại có độ tinh khiết cực cao và thành phần đồng đều.

Những phương pháp xử lý nối tiếp làm cho chất lượng thép được cải thiện, loại bỏ trong đó những chất kèm theo ngoài ý muốn.



Hình 4: Phương pháp tinh luyện thép bằng điện (Phương pháp nung chảy lại để tinh luyện kim loại)

4.4.2.3 Đúc thép

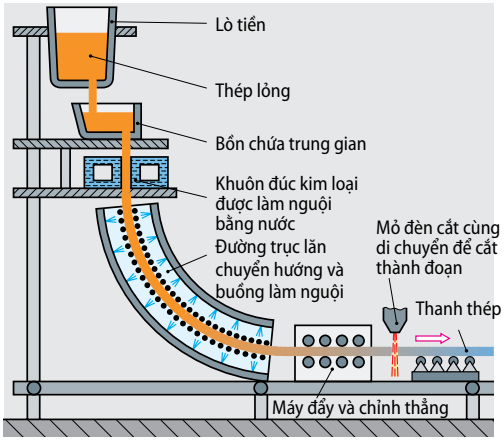
Thép lỏng đã được xử lý xong phần lớn được rót vào thiết bị đúc liên tục để đúc thành thanh dài (**Hình 1**). Thanh dài này là hình dạng ban đầu để cho gia công cán. Những khối đúc rất to cho gia công rèn thì được đúc bằng khuôn kim loại.

■ Đúc liên tục

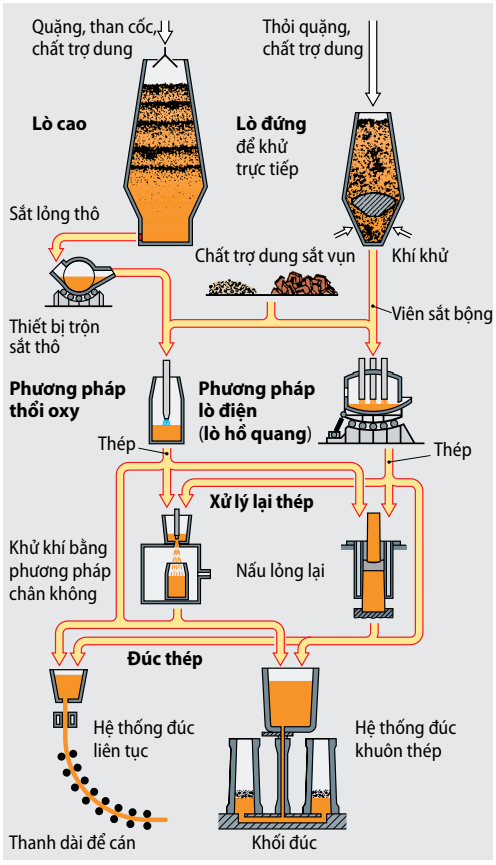
Trong phương pháp đúc liên tục, thép lỏng từ bồn chứa (lò tiền) được đổ vào một bồn chứa trung gian (**Hình 1**). Từ bồn này thép chảy liên tục vào một khuôn đúc bằng đồng được làm nguội bằng nước và đông đặc ở nơi vùng biên. Thanh thép dài thành hình với lõi bên trong còn lỏng được liên tục kéo ra khỏi khuôn đúc. Trong một buồng làm nguội hình cung với những trục lăn đổi hướng, thanh thép được phun nước và chuyển hướng theo chiều nằm ngang. Sau khi đổi hướng và ra khỏi buồng làm nguội, thanh thép được chỉnh sửa và cắt thành khúc.

Qua việc đúc liên tục ta có được những thỏi để gia công cán có kích thước gần với thiết diện của thành phẩm. Vì thế mà trong các lượt cán tiếp theo chỉ cần rất ít công đoạn.

Qua việc làm nguội đột ngột, thép đúc bằng phương pháp đúc liên tục có cấu trúc mịn hơn thép khối đúc bằng khuôn. Nhờ ưu điểm này mà phương pháp đúc liên tục vượt xa và thay thế phương pháp đúc bằng khuôn (**Hình 2**).



Hình 1: Thiết bị đúc liên tục



Hình 2: Tổng quan về sản xuất thép

4.4.2.4 Gia công tiếp nối của các loại thép

Thép được đúc ra thanh dài hay khối được cán, kéo (Trang 98), rèn (Trang 100) hoặc ép đúc liên tục (Trang 101) để thành bán thành phẩm và thành phẩm.

Bán thành phẩm là sản phẩm trung gian, thí dụ như những khối cán hay những phôi tấm (phiến). Những bán thành phẩm này sẽ được tiếp tục gia công để trở nên thành phẩm. **Thành phẩm** là thép định hình và phôi dạng thanh (thép cây hoặc thanh thép tròn), thép lá (thép tấm cán mỏng), ống thép và dây thép.

Ôn tập và đào sâu

1. Người ta hiểu "tinh luyện" thép là gì ?
2. Thép được sản xuất với những phương pháp nào?
3. Thép được xử lý lại với mục đích gì?
4. Khử oxy có tác dụng gì cho cấu trúc của thép?
5. Xử lý chân không sẽ gây tác dụng gì trong phẩm chất thép?
6. Đúc liên tục có những ưu thế nào so với đúc khối?

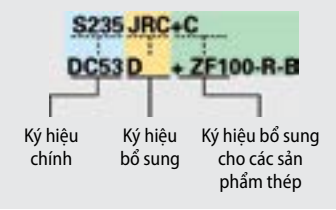
4.4.3 Hệ thống ký hiệu cho thép

Cách đặt tên có hệ thống cho thép ở châu Âu được quy định một cách thống nhất bằng chuẩn DIN EN 10027. Phần 1 của chuẩn này quy định sự sắp xếp của tên tắt, phần 2 là cấu trúc của số vật liệu.

Tên tắt được cấu tạo từ ký hiệu chính theo mục đích sử dụng và và đặc tính hay với thành phần hợp kim của thép. Ký hiệu bổ sung tùy thuộc vào từng nhóm thép cũng như nhóm sản phẩm.

4.4.3.1 Tên tắt của thép theo mục đích sử dụng và đặc tính

Tên tắt được kết hợp từ ký hiệu chính và ký hiệu bổ sung (**Hình 1**). Ký hiệu chính gồm có chữ cái mã với chỉ dẫn về phạm vi ứng dụng và một con số cũng như một mẫu tự nữa và con một số cho đặc tính cơ hay đặc tính vật lý (**Bảng 1**). Những ký hiệu bổ sung cho từng loại thép được ghi không có khoảng trống trực tiếp dính liền với ký hiệu chính (**Bảng 2**). Ký hiệu bổ sung tiếp theo về sản phẩm thép được nối tiếp với dấu cộng (+) (Trang 257).



Hình 1: **Cấu tạo tên tắt**

Đối với những loại thép chế tạo cơ khí và kết cấu thép thì những ký hiệu bổ sung được chia thành 2 nhóm phụ (**Bảng 2**). Nhóm 1 có những ký hiệu cho công va đập mẫu có khía và cho nhiệt luyện cũng như khả năng ghi nhận các tính năng khác. Nhóm thứ 2 gồm có những ký hiệu phụ cho những tính chất đặc biệt và thích ứng, thí dụ như tính phù hợp đặc biệt của một loại sắt cho phương pháp biến dạng nguội.

Bảng 1: **Ký hiệu chính cho tên ngắn của thép theo ứng dụng và đặc tính** (**chọn lựa**)

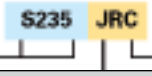
Ứng dụng	**Ký hiệu chính**		**Ứng dụng**	**Ký hiệu chính**	
Thép làm bê tông	B	500 [1]	Thép chế tạo bồn áp lực	P	265 [1]
Sản phẩm dẹp để gia công nguội	D	X52 [2]	Thép làm đường rầy	R	260 [4]
Thép chế tạo cơ khí	E	360 [1]	Thép cho kết cấu thép	S	235 [1]
Sản phẩm dẹp bằng thép có độ bền cao	H	C400 [2]	Thép lá và thép băng cho đóng gói bao bì	T	S550 [1]
Thép làm ống dẫn	L	360 [1]	Thép kéo căng (thép bê tông)	Y	1770 [3]
Cơ hoặc lý tính					
[1] Giới hạn đàn hồi R_e cho sản phẩm có bề dày nhỏ nhất			[3] Trị số danh nghĩa về độ bền kéo nhỏ nhất		
[2] Tình trạng cán C, D, X và 2 ký hiệu cũng như giới hạn đàn hồi tối thiểu R_e			[4] Độ cứng nhỏ nhất theo phép đo Brinell HBW		

Bảng 2: **Ký hiệu bổ túc cho tên tắt của thép cho kết cấu thép** (**chọn lọc**)

Nhóm 1					**Nhóm 2**
Công va đập mẫu có khía (Joule)			Nhiệt độ kiểm tra (°C)	A tôi biến cứng (tôi ủ) M cán nhiệt-cơ N nung bình thường hóa hay cán bình thường hóa Q tinh luyện (nâng phẩm) G tính chất khác, một phần có 1 hay 2 con số	C đặc biệt thích ứng với biến dạng nguội D cho lớp bọc ngoài để nhúng vào thể nóng chảy L cho nhiệt độ thấp T cho ống W chịu đựng được mọi thời tiết
27J	40J	60J			
JR	KR	LR	+20		
J0	K0	L0	0		

Thí dụ: **Thép trong kết cấu thép** có mẫu tự mã S. Những loại thép này được cán nóng thành thép có thiết diện (thép định hình) hoặc phôi dạng thanh. Những sản phẩm này được dùng cho các thiết kế bằng thép như thép làm khung sườn cho nhà xưởng, thiết bị cần trục và cầu sắt, ngoài ra cũng được dùng trong ngành cơ khí chẳng hạn như sườn máy được hàn.

Thí dụ một loại thép carbon theo chuẩn DIN EN 10025-2



Ký hiệu chính	**Ký hiệu bổ sung**	
	Nhóm 1	Nhóm 2
S Thép trong kết cấu thép (ngành kiến trúc) **235** Giới hạn đàn hồi tối thiểu R_e = 235 N/mm²	**J2** công va đập mẫu có khía 27 J ở 20°C	**W** đặc biệt phù hợp với khả năng biến dạng nguội

4.4.3.2 Tên tắt của thép theo thành phần hóa học

Với tên tắt này, những loại thép carbon được đặt tên không theo ngành ứng dụng, những loại thép không gỉ và những thép hợp kim khác.
Người ta phân loại cách cấu tạo những tên tắt thành 4 nhóm phụ:

■ **Những loại thép carbon với hàm lượng magan dưới 1%** (ngoại trừ thép tiện gia công tự động hay còn gọi là thép da láng hoặc thép chuẩn hóa). Những tên tắt được kết hợp từ ký hiệu chính và ký hiệu bổ sung (**Bảng 1**). Những ký hiệu nối tiếp cho sản phẩm thép được ghi thêm bằng dấu cộng (trang 257).

Thí dụ: **C35E** là một loại thép carbon (C) với thành phần mangan < 1%, một hàm lượng C bằng 35 :100 = 0,35% và một thành phần lưu huỳnh tối đa được quy định (E). Thép này nhờ có hàm lượng C của nó nên được dùng làm thép nhiệt luyện.

■ **Thép carbon với thành phần mangan ≥ 1%, thép cắt gọt tự động** (**thép da láng/thép chuẩn hóa**) **hay thép hợp kim, nếu hàm lượng của mỗi thành phần hợp kim dưới 5%** (ngoại trừ thép dụng cụ cắt với tốc độ cao hay còn gọi là thép gió)
Tên tắt gồm có :

- Chỉ số của hàm lượng carbon (chỉ số = thành phần carbon theo đơn vị % x 100)
- Ký hiệu hóa học của nguyên tố hợp kim, theo thứ tự hàm lượng của thành phần
- Hàm lượng nhân với hệ số của nguyên tố hợp kim (**Bảng 2**)

Thí dụ (**Hình 1**):
22CrMoS3-3 là một thép hợp kim (thép thấm carbon) với 22: 100 = 0,22% C, 3:4 = 0,75% Cr và 3:10 = 0,3% Mo). Hàm lượng của S không được cho biết.

■ **Hợp kim thép** (ngoại trừ thép dụng cụ cắt gọt tốc độ cao/thép gió), **cho đến khi hàm lượng của một nguyên tố hợp kim ≥ 5%**
Tên tắt gồm có:

- mẫu tự ký hiệu X cho thép hợp kim cao
- chỉ số của hàm lượng carbon (chỉ số = thành phần carbon với đơn vị % x 100)
- những ký hiệu hóa học của các nguyên tố trong thành phần hợp kim
- những hàm lượng của nguyên tố hợp kim, được ghi trực tiếp bằng phần trăm

Thí dụ (**Hình 2**):
X37CrMoV5-1 là một hợp kim thép gia công nóng với 37:100 = 0,37% C, 5% Cr và 1% Mo. Hàm lượng V không được cho biết.

■ **Thép dụng cụ cắt gọt tốc độ cao** (**Thép gió**)
Tên tắt gồm có:

- Chữ cái mã (mẫu tự nhận dạng) HS cho thép dụng cụ cắt gọt tốc độ cao.
- Những hàm lượng của thành phần hợp kim (theo thứ tự W, Mo, V, Co), trực tiếp bằng phần trăm.

Thí dụ: **HS6-5-2-5** là một loại thép dụng cụ gia công nhanh với 6% vonfram (tungsten), 5% molybden, 2% vanadium và 5% cobalt.

Bảng 1: Ký hiệu chính và bổ sung của thép không hợp kim với tên gọi theo thành phần hóa học

Ký hiệu chính

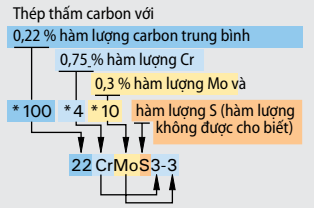
C và **chỉ số** cho hàm lượng carbon (chỉ số = hàm lượng carbon % x 100)

Ký hiệu bổ sung

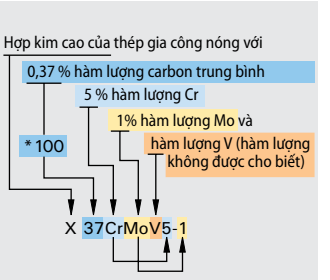
E	hàm lượng tối đa của S
R	phạm vi của hàm lượng S
C	đặc biệt phù hợp để gia công biến dạng nguội
G	những đặc điểm khác
S	dùng cho lò xo
U	dùng cho dụng cụ
W	dùng cho dây hàn
D	để kéo dây

Bảng 2 : Hệ số nhân

Nguyên liệu hợp kim	Hệ số
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Cu, Mo, Pb, Ta, Ti, V	10
C, Ce, N, P, S	100
B	1000



Hình 1: Cấu tạo tên tắt của hợp kim thép, mỗi thành phần hợp kim < 5%



Hình 2: Cấu tạo tên tắt của hợp kim thép, ít nhất có một thành phần hợp kim > 5%

4.4.3.3 Ký hiệu bổ sung cho sản phẩm thép

Nếu thép được gia công thành sản phẩm, thí dụ như thép định hình, phải qua một quá trình xử lý tiếp tục, người ta có thể ghi lại bằng một ký hiệu bổ sung trong tên tắt của vật liệu. Những ký hiệu này liên quan đến sự thích hợp của thép cho những nhu cầu đặc biệt, loại lớp phủ hoặc tình trạng xử lý (**Bảng 1**). Những ký hiệu bổ sung gồm có những mẫu tự và số. Chúng được nối vào tên tắt của thép với con dấu cộng.

Thí dụ:

S235J2+Z là một loại thép cho kết cấu thép với giới hạn chảy tối thiểu R_e=235 N/mm², công va đập mẫu có khía là 27J ở -20°C (Trang 255), mạ kẽm lỏng.

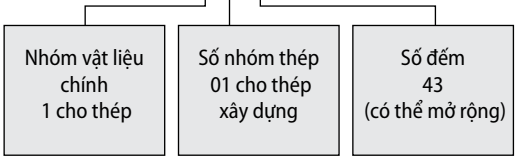
X30 Cr13+C là một loại thép không gỉ với 0,3% carbon, 13% chrom, bị biến cứng do gia công nguội.

4.4.3.4 Tên gọi của thép với số vật liệu

Tất cả vật liệu kim loại đều có thể đặt tên tắt hoặc với số vật liệu.

Số vật liệu của thép bao gồm số 1 cho nhóm chính của thép, một con số với hai đơn vị cho nhóm thép và một số đếm với hai đơn vị, trong trường hợp cần có thể mở rộng ra đến 4 đơn vị.

Thí dụ : **1.01.43** (**XX**) (S275J0)



Hệ thống của số nhóm thép phân biệt giữa thép carbon và hợp kim thép, mỗi nhóm được chia thành nhóm phụ cho thép chất lượng cao (thép cao cấp) và thép không gỉ (thép tinh luyện/thép quý) (**Bảng 2**).

Mã số đầy đủ có thể lấy từ các sách có bảng tra cứu.

Số vật liệu không bị thay đổi khi thay đổi tên tắt thí dụ từ St37-2 thành S235JR.

Bảng 1: Ký hiệu bổ sung cho sản phẩm thép (trích)

cho những yêu cầu đặc biệt	
+CH	Có khả năng tôi cứng tới lõi
+H	Có khả năng tôi cứng (trui cứng)
+Z15	Độ co thắt tối thiểu khi đứt 15 %
+Z25	Độ co thắt tối thiểu khi đứt 25%
+Z35	Độ co thắt tối thiểu khi đứt 35%
cho loại mạ phủ	
+AZ	Mạ AlZn
+Cu	Mạ đồng
+Z	Mạ kẽm bằng thể lỏng nóng chảy
+S	Mạ thiếc bằng thể lỏng nóng chảy
+ SE	Mạ thiếc bằng điện phân (điện giải)
cho tình trạng xử lý	
+A	Nung mềm
+C	Hóa cứng qua biến dạng nguội
+N	Thường hóa
+QT	Ủ (tôi cải thiện, tôi hóa tốt, tôi nâng phẩm)
+U	Không xử lý

Bảng 2: Số nhóm thép (chọn lọc)

Thép cao cấp không hợp kim	
Số	Nhóm thép
01, 91	Thép xây dựng (thép kết cấu) thông thường, R_m < 500 N/mm²
02, 92	Những loại thép xây dựng khác không thích hợp gia công nhiệt luyện với R_m > 500 mm²
03, 93	Thép có C < 0,12% hoặc R_m < 400 N/mm²
04, 94	Thép có 0,12% ≤ C< 0,25% hoặc 400 N/mm² ≤ R_m < 500 N/mm²
Thép tinh luyện	
11	Thép xây dựng (thép kết cấu), thép chế tạo máy và thép làm bồn với C < 0,5%
12	Thép chế tạo máy với C ≥ 0,5%
Hợp kim thép cao cấp	
08, 98	Thép với lý tính đặc biệt
09, 99	Thép hợp kim được ứng dụng nhiều lĩnh vực
Thép hợp kim tinh luyện (thép quý, thép không gỉ)	
20...28	Thép dụng cụ hợp kim
32	Thép gió (thép cao tốc) không có cobalt
33	Thép gió có cobalt
35	Thép làm vòng bi
40...45	Thép không gỉ
47,48	Thép chịu nhiệt
85	Thép thấm nitơ

Ôn tập và đào sâu

1 Tên tắt của thép đặt theo mục đích sử dụng được sắp xếp thế nào?
2 Bằng cách nào người ta phân biệt tên tắt của những hợp kim với mỗi nguyên tố có hàm lượng dưới 5% hay trên 5%?
3 Hãy sắp xếp những tên vật liệu sau đây đúng vào những nhóm thép: S355JR, 42CrMo4, X30Cr13

4.4.4 Phân loại thép theo thành phần và cấp chất lượng

Đặc tính của thép chẳng hạn như độ bền kéo, độ dai và khả năng biến dạng đạt được qua thành phần hợp kim (hàm lượng carbon, nguyên tố hợp kim), cấu tạo tinh thể và tình trạng xử lý. Trong cấu tạo tinh thể, thành phần của cấu tạo như ferit và peclit và độ lớn của hạt tinh thể như là hạt mịn, hạt thô đóng vai trò quyết định. Các loại thép được chia nhóm thép theo thành phần hợp kim và theo cấp chất lượng.

■ Phân loại theo thành phần vật liệu

Thép carbon.

Trong thép carbon, những nguyên tố không được phép đạt tới trị số giới hạn trong **Bảng 1**.

Thép không gỉ.

Thép không sét gỉ có hàm lượng crôm tối thiểu 10,5% và hàm lượng carbon tối đa 1,2%. Theo đặc tính chính, người ta phân biệt thép bền mài mòn, thép chịu nhiệt và thép nhiệt độ cao.

Bảng 1: Trị số giới hạn của nguyên tố cho thép carbon

Nguyên tố	%	Nguyên tố	%	Nguyên tố	%
Al	0,30	Mo	0,08	Te	0,10
Bi	0,10	Nb	0,06	Ti	0,05
Co	0,30	Ni	0,30	V	0,10
Cr	0,30	Pb	0,40	W	0,30
Cu	0,40	Se	0,10	Zr	0,05
Mn	1,65	Si	0,60		

Những loại thép hợp kim khác.

Nhóm này gồm có tất cả những loại thép với ít nhất một nguyên tố tới mức hay vượt qua giới hạn của Bảng 1 và không thuộc vào loại thép không gỉ.

■ Phân loại theo cấp chất lượng chính

Những thành phần của các chất đi kèm (tạp chất) trong sắt thô còn sót lại qua quy trình sản xuất thép có ảnh hưởng lớn đến chất lượng thép (trang 251). Những tạp chất này trong sắt thô như carbon, phosphor, sulphur, hydro v.v. được giảm thiểu nhờ phương pháp sản xuất thép cũng như phương pháp xử lý kế tiếp cho thép (khử oxy, xử lý chân không) (trang 253).

Sau khi giảm thiểu được các chất đi kèm và đạt được độ chính xác của thành phần nguyên tố hợp kim, thép được phân ra thành **thép chất lượng** và **thép cao cấp**.

Thép cao cấp nổi bật do độ tinh khiết cao và độ chính xác của các thành phần. Chỉ chúng mới có thể đạt được trị số đảm bảo về độ bền và độ cứng qua xử lý nhiệt.

Người ta phân biệt bốn cấp chất lượng chính:

- Thép carbon chất lượng
- Thép carbon cao cấp
- Thép hợp kim chất lượng
- Thép hợp kim cao cấp

Thí dụ cho các nhóm thép trong bốn cấp chất lượng chính

Thép carbon chất lượng	
Nhóm thép	**Thí dụ**
Thép carbon chế tạo	S275JO
Thép carbon chế tạo	E295
Thép gia công cắt tự động	35S20
Thép carbon (tôi cải thiện)	C60
Thép carbon chế tạo tinh thể mịn	S355N
Thép carbon cho bồn áp lực	P265GH

Thép hợp kim chất lượng	
Nhóm thép	**Thí dụ**
Thép đường ray xe lửa	R260Mn
Thép lá kỹ thuật điện, Thép cuộn kỹ thuật điện	M390-50E
Vi hợp kim thép với giới hạn đàn hồi cao	H400M
Thép hợp kim phốt pho với giới hạn đàn hồi cao	H180P

Thép carbon tinh luyện không gỉ	
Nhóm thép	**Thí dụ**
Thép carbon thấm than	C10E
Thép tôi chế tạo (thép tôi hóa tốt)	C60E
Thép carbon dụng cụ	C45U
Thép carbon cho tôi bằng lửa và bằng cảm ứng	C45E

Thép hợp kim tinh luyện không gỉ	
Nhóm thép	**Thí dụ**
Thép hợp kim thấm carbon	16MnCr5
Thép hợp kim nhiệt luyện	50CrMo4
Thép thấm nitơ	34CrAlMo5
Thép hợp kim dụng cụ	115CrV3
Thép dụng cụ cắt gọt tốc độ cao	HS10-4-3-10

4.4.5 Các loại thép và ứng dụng

Thép tùy theo ứng dụng được phân chia thành **thép chế tạo (thép kết cấu)** và **thép dụng cụ**. Thép chế tạo được dùng để gia công những chi tiết (bộ phận) cho chế tạo máy và ô tô cũng như cho kiến trúc xây dựng, bồn chứa, tàu bè. Thép dụng cụ được dùng làm dụng cụ cắt gọt và cho khuôn đúc xịt và khuôn rèn.

4.4.5.1 Thép xây dựng (Thép chế tạo)

Tùy theo ứng dụng, thép chế tạo phải có những tính chất khác nhau:

- Có đủ độ bền và độ dai
- Thích ứng cao cho gia công cắt gọt
- Thích ứng cao cho gia công biến dạng, hàn
- Độ bền chống ăn mòn và mài mòn

Những nhóm sau đây thuộc vào nhóm thép chế tạo:

■ Thép chế tạo carbon

Thép chế tạo carbon trong ngành xây dựng kết cấu thép và ngành chế tạo máy với giá rẻ có giới hạn đàn hồi và độ bền kéo trung bình cho tải trọng thấp đến trung bình. Những loại thép này có những tính chất thích hợp cho ứng dụng trong tình trạng giao hàng cho nên không cần phải nhiệt luyện. Chúng được đưa vào thị trường dưới dạng thanh cán nóng hay thanh kéo láng hoặc thép định hình. Những loại thép chế tạo đều thích hợp cho gia công hàn. **Thí dụ S235J0** ⇒ Thép chế tạo carbon với R_e=235 N/mm^2, công va đập mẫu có khía 27J ở nhiệt độ 0^{0}C.

Hình 1: Sườn máy nén được hàn bằng thép tinh thể mịn

■ Thép chế tạo hạt mịn thích ứng gia công hàn (Hình 1)

Những loại thép này có thành phần carbon thấp cũng như hàm lượng các nguyên tố Cr, Ni, Cu, và V cũng ít. Vì thế mà chúng thích ứng cho gia công hàn cũng nhưng không bị lão hóa và không bị giòn dễ gãy. Hậu xử lý cơ - nhiệt sẽ làm cho chúng đặc biệt dai. Chúng được ứng dụng cho những kiến trúc hàn có tải trọng cao. **Thí dụ**: **S275M** ⇒ Thép tinh thể mịn thích ứng gia công hàn, Re=275 N/mm^2, được cán cơ-nhiệt (M).

Hình 2: Chi tiết tiện bằng thép tự động

■ Thép tự động (Hình 2)

Thép tự động (thép da láng, thép chuẩn hóa) là thép gia công cắt tự động có hàm lượng lưu huỳnh cao hơn bình thường và có khi thêm vào chì. Do những thành phần hợp kim này, các mảnh phoi gãy ngắn hơn. Thép gia công cắt tự động được đưa vào máy tiện tự động để gia công những chi tiết tiện. **Thí dụ**: **10SPb20** ⇒ Thép carbon gia công tự động thấm carbon với 0,10%C, 0,20% S và thêm vào chất phụ gia có chì (Pb).

Hình 3: Bánh răng làm bằng thép thấm carbon (thấm than)

■ Thép thấm carbon (Hình 3)

Những loại thép thấm carbon là loại thép với hàm lượng carbon thấp. Nhờ xử lý thấm carbon (Trang 287) chúng nhận thêm carbon vào vùng lớp ngoài và ở đó có thể trui (tôi). Người ta làm nên những cấu kiện cần có tính dẻo ở trong đồng thời cứng và không hao mòn ở lớp ngoài như các bánh xe răng. **Thí dụ**: **20MoCr4** ⇒ Thép hợp kim thấm carbon với 0,20% C, 0,4% Mo và một ít Cr.

■ Thép thấm nitơ

Các loại thép thấm nitơ tiếp nhận một lớp nitơ mỏng ngoài biên nhưng đặc biệt rất cứng (trang 288). Chúng thích hợp cho những bộ phận cần có bề mặt cứng và khả năng chịu đựng hao mòn, thí dụ như van (xú páp). **Thí dụ**: **31CrMoV9** ⇒ Thép thấm nitơ với 0,31% C, 2,25% Cr, ít Mo và V.

■ Thép nhiệt luyện (Thép nâng phẩm, thép cải thiện)

Các loại thép nhiệt luyện có hàm lượng carbon giữa 0,2% và 0,65% và qua nhiệt luyện nâng phẩm (trang 285) đạt được độ bền kéo cao. Chúng được sản xuất chủ yếu cho những cơ phận phải chịu ứng lực cao thí dụ như trục hộp số. **Thí dụ**: **51CrV4** ⇒ Hợp kim thép nhiệt luyện với 0,51%C, 1% Cr và một ít V.

■ Thép dùng trong những ứng dụng đặc biệt

Những loại thép này gồm thép nguội dẻo và loại thép không gỉ.

Thép dẻo lạnh giữ tính chất dẻo dai ở cả nhiệt độ thấp. Chúng được sử dụng thí dụ trong kỹ thuật lạnh và những thiết bị cho khí hóa lỏng.

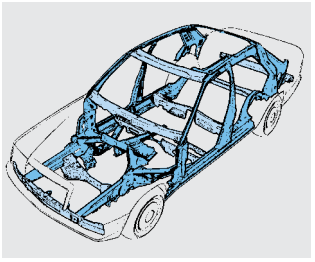
Thép không gỉ được chia ra những thép chịu ăn mòn, thép chịu nhiệt và thép nhiệt độ cao *(thép bền nhiệt)*. Chúng được sử dụng khi cần những đặc tính này hoặc kết hợp nhiều đặc tính thí dụ như trong ngành thực phẩm hoặc bánh xe cánh tuabin (**Hình 1**).

Thí dụ X10CrAl24 ⇒ Thép chịu nhiệt, có độ bền chống ăn mòn ở nhiệt độ cao trong môi trường chứa khí có thành phần lưu huỳnh.

Hình 1: Cánh quạt tuabin bằng thép chịu nhiệt

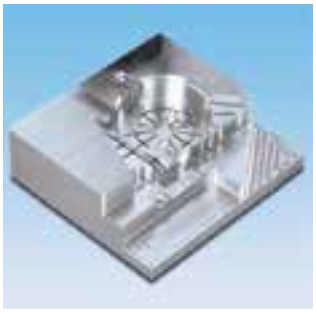
■ Thép lá mỏng và bồn áp lực

Thép cán mỏng được chia thành thép thật mỏng (dưới 0,5 mm), thép mỏng (0,5 đến 3 mm), thép cán trung bình (3 đến 4,75 mm) và thép cán dày (trên 4,75 mm). Chúng được sản xuất bằng những loại thép đặc biệt. **Thép cán mỏng** được ứng dụng chủ yếu trong ngành thiết kế khung xe và dụng cụ trong gia đình (**Hình 2**). **Thép cán trung bình và thô** được dùng trước hết cho những thiết kế chịu tải (có chức năng đỡ), như trong các ngành cơ khí, thùng chứa, cần trục và tàu. Thùng chứa áp suất và nồi hơi được chế tạo bằng thép chắc chắn không vỡ giòn, hàn được bằng phương pháp hàn nóng chảy, thường làm bằng thép nhiệt độ cao.



Hình 2: Khung xe tự mang bằng thép lá vi hợp kim (dày 1,5 đến 2 mm)

Thí dụ: **DC03** Lá cán nguội của thép mềm với giới hạn chảy R_e = 240 N/mm²
HC420LA Lá cán của thép có vi hợp kim với giới hạn đàn hồi cao R_e = 420 N/mm²
P265GH ⇒ Sản phẩm phẳng bằng thép thùng chứa có áp lực với giới hạn đàn hồi R_e = 265 N/mm²



Hình 3: Khuôn đúc phun cho hộp số quạt nước bằng thép gia công nguội

4.4.5.2 Thép dụng cụ

Dụng cụ gia công được sản xuất bằng thép dụng cụ. Tùy theo nhiệt độ sử dụng, chúng được chia ra thành nhóm thép gia công nguội, thép gia công nóng và thép gió. Ngoại trừ vài loại thép gia công nguội, tất cả thép dụng cụ là hợp kim. Chúng được tôi (trui) trước khi sử dụng (Trang 281).

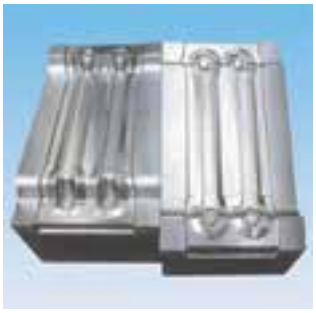
■Thép gia công nguội

Những thành phần làm bằng các loại thép gia công nguội chỉ nên sử dụng trong nhiệt độ tối đa là 200°C. Chúng được dùng làm những dụng cụ đơn giản như đục, hoặc những mảnh cắt và chày cắt cho dụng cụ cắt (Trang 105) cũng như dụng cụ vuốt sâu hay khuôn đúc phun nhựa (**Hình 3**).

Thí dụ: **X42Cr13** ⇒ Thép dụng cụ nguội với 0,42% C và 13% Cr.

■Thép gia công nóng

Những loại thép gia công nóng được dùng nếu nhiệt độ sử dụng lên đến 400°C. Thuộc vào nhóm này là chày dập ép của máy ép đùn, khuôn đúc áp lực cho kim loại nhẹ và kim loại nặng cũng như khuôn rèn (**Hình 4**).



Hình 4: Khuôn rèn cho chìa khóa vòng bằng thép gia công nóng

Thí dụ: **X38CrMoV5-3** ⇒ Thép gia công nóng với 0,38% C, 5% Cr, 3% Mo và một ít V.

■ Thép cao tốc (Thép gió, thép gia công nhanh)

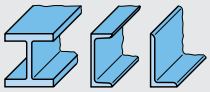
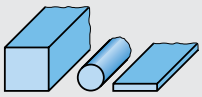
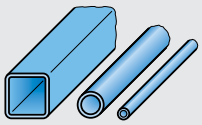
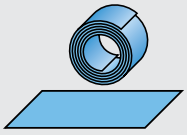
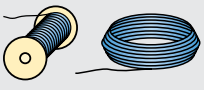
Thép cao tốc chủ yếu dùng để cắt gọt (Trang 114) và gia công biến dạng. Nhờ vào hàm lượng hợp kim mà thép gia công nhanh có thể được sử dụng đến 600°C.

Thí dụ: **HS6-5-2** ⇒ Thép gia công nhanh với 6% W, 5% Mo và 2% V.

4.4.6 Dạng thương phẩm của thép (Dạng thép trên thị trường)

Thép nấu lỏng được đúc liên tục và kéo thành thanh, thanh được cán, ép đúc liên tục và kéo thành hình những sản phẩm khác nhau cho thị trường (**Bảng 1**). Những sản phẩm thông thường nhất là thép hình, thép thanh, ống và tiết diện rỗng, lá tôn, băng cũng như dây. Chúng được gọi theo tên ngắn được chuẩn hóa.

Bảng 1: **Dạng thép thị trường** (Thí dụ)

Dạng	Thí dụ	Tên tắt
 **Thép định hình (thép prôfin)**	Xà I rộng (xà chữ T-đôi), cao 220 mm, bằng thép S275JR, cán nóng	Tiết diện I DIN 1025 - IPB220 - S235JR
	Thép U với độ cao 240 mm bằng thép S235JR	Tiết diện U DIN 1026 - U240 – S235JR
	Thép góc không đều, chiều ngang cạnh 100 mm và 50 mm, cạnh dày 8 mm, bằng thép S235J0	Tiết diện L EN 10056 – 100x5x8 – S235J0
 **Thép thanh**	Thép vuông (bốn cạnh) cán nóng với cạnh rộng 10 mm bằng thép dụng cụ	Bốn cạnh EN 10059 – 10 – C80U
	Thép tròn láng, Ø 32 mm, vùng dung sai ISO h8 bằng thép gia công cắt tự động 35S20, biến dạng nguội	Tròn EN 10278 – 32h8 – EN 10277-3 – 35S20+C
	Thép dẹp láng, bề ngang 16 mm, chiều dày 8 mm bằng thép không gỉ	Dẹt EN 10278 – 16x8 – EN 10088-3 X5CrNi18-10
 **Ống, tiết diện rỗng**	Ống hình chữ nhật, kích thước bên ngoài 115 mm x 140 mm, bề dày vỏ 8 mm, bằng thép S275JR	Tiết diện rỗng DIN EN 10210 – 140x115x8 – S275JR
	Ống thép chính xác không mối nối, đường kính ngoài 60 mm, bề dày vỏ 4 mm, bằng thép S355J2+N	Ống EN 10305 – 60x4 – S355J2+N
	Ống tiết diện rỗng hình vuông, cạnh 60 mm, bề dày vỏ 5 mm, mạ kẽm, bằng thép S355J0	Tiết diện rỗng EN 10210 – 60x60x5 – S355J0, mạ kẽm
 Băng, cuộn **Thép lá (tấm)**	Lá thép cán nóng, dày 4,5 mm, bằng thép S235J0, bề ngang 2000 mm, dài 4500 mm	Lá EN 10029 – 4,5x2000x4500 – S235J0
	Lá thép cán nguội từ thép mềm, dày 2 mm, bề mặt tốt nhất, loại mờ	Lá EN 10130 – 2 – DC04 – B-m
 **Dây**	Dây thép bọc kẽm bằng thép carbon C4D, Ø 5 mm	Dây EN 10016 - 5, mạ kẽm
	Tiết diện tròn, dây thép lò xo cán nóng, Ø 8 mm, bằng thép nhiệt luyện 50CrV	Dây DIN 2077 – 50CrV-8

Ôn tập và đào sâu

1 Các loại thép được sắp xếp thành nhóm bằng những tiêu chí phân biệt nào?
2 Các loại thép quý và các loại thép cao cấp khác nhau ra sao?
3 Người ta phân chia những cấp chất lượng chính nào của thép?
4 Hãy cho biết ít nhất 4 nhóm thép thuộc thép xây dựng.
5 Tên của sản phẩm thép bao gồm những phần nào?
6 Hãy cho biết tên ngắn một thép carbon nhiệt luyện, một thép hợp kim thấm carbon, một thép gia công cắt tự động và một thép gia công nóng.

4.4.7 Nguyên tố hợp kim và nguyên tố kèm theo của thép và vật liệu gang sắt đúc

Đặc tính của thép và vật liệu gang sắt đúc bị lệ thuộc nhiều vào những nguyên tố hợp kim và những nguyên tố đi kèm được mong muốn hoặc không mong muốn (Bảng 1).

Những nguyên tố hợp kim, thí dụ như crôm, vonfram và vanadium, kết hợp với nguyên tố cơ bản sắt thành tinh thể hỗn hợp hoặc đưa đến việc cacbit tinh thể mịn bị tách ra. Do đó những đặc tính như độ bền kéo, độ bền mài mòn, và khả năng chống ăn mòn được nâng cao.

Những nguyên tố kèm theo như carbon và silicium, ảnh hưởng đặc biệt đến độ bền và độ dai.

Bảng 1: Nguyên tố hợp kim và nguyên tố kèm trong thép và gang sắt

Nguyên tố	Nguyên tố làm tăng	Nguyên tố làm giảm	Thí dụ ứng dụng
Nguyên tố hợp kim			
Nhôm **Al**	Chống gỉ ở nhiệt độ cao, thấm nitơ	–	**34CrAlMo5-10** Thép thấm nitơ; phương tiện khử oxy lúc sản xuất thép
Crôm **Cr**	Độ bền kéo, độ cứng, độ bền nóng, độ bền mài mòn, sức bền chống ăn mòn	Giới hạn chảy (mức độ ít)	**X5CrNi18-10** Thép không gỉ
Cobalt **Co**	Độ cứng, độ bền cắt, độ bền nóng	Hạt tinh thể phát triển ở nhiệt độ cao	**HS10-4-3-10** Thép gia công nhanh với 10% cobalt, thí dụ như dao tiện
Mangan **Mn**	Độ bền kéo, độ thấm tôi, độ dai (với lượng Mn thấp)	Khả năng gia công cắt gọt được, tính biến dạng nguội, tách graphit ở gang xám	**28Mn6** Thép cải thiện, thí dụ chi tiết rèn
Molybden **Mo**	Độ bền kéo, độ bền nóng, độ bền cắt, độ thấm tôi	Giòn do ủ, tính rèn (với thành phần Mo cao)	**55NiVCMoV7** Thép gia công nóng thí dụ trục đúc ép liên tục
Kền **Ni**	Độ bền, độ dai, tính tôi cứng, sức bền chống ăn mòn	Giãn nở nhiệt	**45NiCrMo16** Thép gia công nguội dùng làm dụng cụ uốn
Vanadium **V**	Độ bền mỏi, độ cứng, độ bền nóng	Độ nhạy đối với sự nóng quá mức	**HS10-4-3-10** Thép gia công nhanh với 3% V thí dụ dao tiện
Vonfram **W**	Độ bền kéo, độ cứng, độ bền nóng, độ bền cắt	Độ giãn (mức độ ít), tính gia công cắt gọt	**HS6-5-2-5** Thép gia công nhanh với 6% W, thí dụ cho lưỡi doa
Nguyên tố kèm			
Carbon **C**	Độ bền kéo và độ cứng (tối đa khoảng C ≈ 0,9%), thích ứng trui (tôi), tạo vết nứt (kết tủa)	Nhiệt độ hóa lỏng, giới hạn chảy, tính hàn và tính rèn	**C60E** Thép nâng phẩm với $R_m \approx 800\ N/mm^2$
Hydro **H_2**	Lão hóa do bị giòn, độ bền kéo	Công va đập mẫu có khía	Được lọc ra nhiều lúc sản xuất thép, thí dụ như qua xử lý chân không
Nitơ **N_2**	Độ giòn, tạo tinh thể austenit	Chống lão hóa, thích ứng với vuốt sâu	**X2CrNiMoN17-13-5** Thép austenit
Phosphor **P**	Độ bền kéo, độ bền nóng, chống ăn mòn	Công va đập mẫu có khía, tính hàn	Tăng độ chảy loãng của thép đúc và gang đúc
Lưu huỳnh **S**	Tính gia công cắt gọt	Công va đập mẫu có khía, tính hàn	**10SPb20** Thép gia công tự động
Silic **Si**	Độ bền kéo, giới hạn chảy, chống ăn mòn	Độ giãn dài, thích ứng hàn, tính gia công cắt gọt	**61SiCr7** Thép lò xo với độ bền kéo $R_m \approx 1600\ N/mm^2$

4.4.8 Nấu chảy vật liệu gang sắt

Vật liệu khởi đầu của gang sắt đúc là sắt thô đúc, thép và gang phế thải và vật liệu tái chế (vật liệu sử dụng lại) của xưởng đúc. Vật liệu sử dụng lại của xưởng đúc thí dụ như là đậu rót (phễu rót) và đậu hơi (đậu ngót) (Trang 87) của vật đúc. Ngoài ra còn thêm những nguyên tố hợp kim dưới dạng hợp kim Ferro. Hợp kim Ferro là hợp kim sắt với một thành phần rất cao (thí dụ 60%) của một nguyên liệu kim loại.

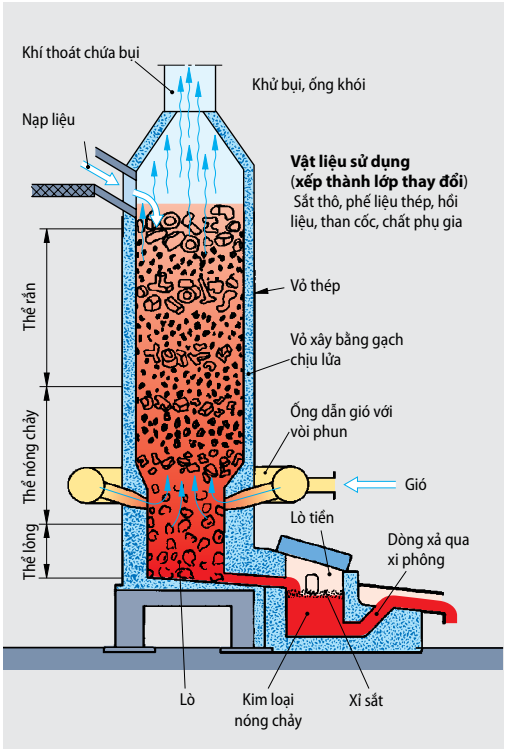
Để chế tạo vật liệu gang đúc, những nguyên liệu kim loại khởi đầu được nấu hòa tan trong lò. Tùy theo loại gang sắt, phụ liệu và năng lượng nhiệt sử dụng, người ta phải sử dụng các loại lò khác nhau.

Lò đứng (**lò cupola**) (**Hình 1**). Lò đứng, cũng được gọi là lò thùng đúc lớn, là hệ thống nấu được dùng nhiều nhất cho vật liệu gang sắt, nhất là gang với graphit tấm.

Những phụ liệu của lò đứng là:

- Gang thỏi (sắt thô), phế liệu thép, nguyên liệu tái chế và nguyên tố hợp kim
- Than cốc với vai trò chất nung và làm gia tăng carbon
- Phụ liệu để cấu tạo xỉ sắt (đá vôi)

Lò đứng có một buồng lò dạng ống khói (dạng đứng), vỏ được xây bằng chất chịu lửa. Gió - không khí đốt nóng - được thổi vào từ phía dưới qua vòi phun và đốt cháy than cốc. Khí đốt nóng thoát lên cao nung những phụ liệu tụt từ trên xuống. Cao hơn khỏi vòi phun một tí, sắt được hóa lỏng và nhỏ giọt (nhểu) vào lò. Sắt lỏng chảy ra khỏi lò đứng vào lò ngoài, lò này đóng vai bồn chứa. Qua ống xi phông, gang đúc được tách rời khỏi chất xỉ sắt nhẹ hơn.



Hình 1: Lò đứng (lò cupola)

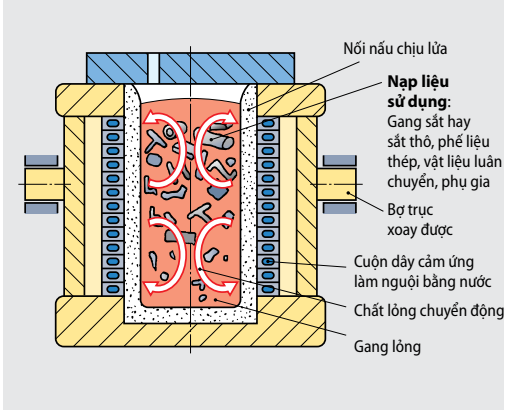
Lò đứng gió nóng hoạt động với khí đốt hâm nóng trước. Nhờ thế mà lò đạt được nhiệt độ và lưu lượng cao hơn.

Lò nồi cảm ứng (**Hình 2**). Lò này không chỉ được dùng để nấu chảy mà còn dùng để giữ (ủ) nóng gang lỏng. Lò cảm ứng gồm có một nồi chịu lửa, chung quanh được quấn dây đồng làm nguội bằng nước. Một dòng điện xoay chiều chạy qua cuộn dây này và tạo ra một từ trường xoay chiều làm nóng chảy các vật liệu sử dụng. Từ trường xoay chiều gây ra chuyển động khuấy, khiến các nguyên liệu hợp kim được phân phối đều.

Lò hồ quang. Những lò ánh sáng hồ quang giống như lò điện (Trang 253) được dùng để nấu vật liệu gang sắt đúc.

Với lò cảm ứng và lò hồ quang có thể đạt được mức tinh khiết cao và thành phần kim loại chính xác.

Phương pháp liên hợp (**gia công kép, song công**). Khi dùng phương pháp song công, gang đúc được nấu chảy trong lò đứng được chuyển sang lò nung cảm ứng để pha trộn hợp kim nơi đây trước khi đúc.



Hình 2: **Lò nồi cảm ứng**

4.4.9 Hệ thống đặt tên vật liệu gang sắt

4.4.9.1 Tên ngắn của vật liệu gang sắt đúc theo chuẩn EN 1560

Tên ngắn của vật liệu gang được dự kiến gồm 6 phần mà không nhất định phải sử dụng toàn bộ.

Thí dụ:

Chuẩn Âu châu

Vật liệu gang sắt
G gang
J sắt

Cấu trúc graphit, thí dụ:
L graphit tấm (than chì tấm)
M than chì dẻo
S than khối cầu
Cấu trúc mịn hoặc cấu trúc thô, thí dụ
A austenit
B nung không khử than
F ferit
P peclit
W nung khử than

Thành phần hóa học hoặc **độ bền kéo tối thiểu** *R*m với đơn vị N/mm²

Độ giãn đứt A, đơn vị % với chỉ dẫn cho mẫu thử nghiệm thí dụ
S đúc riêng rẽ hay
C lấy từ chi tiết hoặc
Độ cứng: (HB, HV hoặc HR)

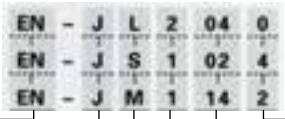
Những yêu cầu bổ sung, thí dụ:
H xử lý nhiệt vật đúc
W tính thích ứng hàn

Giải thích: **EN-GJL-HB215**: gang sắt đúc (GJ) với than lá mỏng, độ cứng HB 215
EN- GJMW-360-12S-W: Gang dẻo nung khử than (GJMW), độ bền kéo *R*m=360 N/mm², độ giãn đứt 12%, mẫu đúc riêng rẽ (S), tính thích ứng hàn (W)

4.4.9.2 Số vật liệu của vật liệu gang sắt đúc theo tiêu chuẩn DIN EN 1560

Số vật liệu của vật liệu gang sắt đúc bao gồm 7 vị trí, được viết liền nhau. Những con số chỉ dẫn cho cấu trúc than, cơ tính hay thành phần hóa chất, của chính vật liệu đúc và về những yêu cầu đặc biệt.

Thí dụ:



Tiêu chuẩn Âu châu

Loại kim loại
J sắt

Cấu trúc graphit
L graphit tấm
M graphit dẻo
S graphit cầu
V graphit dạng hình giun
N không có graphit
Y cấu trúc đặc biệt

Đặc tính chính
1 Độ bền kéo
2 Độ cứng
3 Thành phần hóa học

Số vật liệu
số hai hàng, số do tiêu chuẩn chỉ định

Những yêu cầu đặc biệt
0 Không có đòi hỏi đặc biệt
1 Mẫu đúc riêng rẽ
2 Mẫu đúc liền khối
3 Mẫu lấy từ chi tiết đúc
4 Độ bền va đập mẫu khía ở nhiệt độ bình thường
5 Độ bền va đập mẫu có khía ở nhiệt độ thấp
6 Tính thích ứng hàn được quy định
7 Phôi đúc
8 Chi tiết đúc qua xử lý nhiệt
9 Đòi hỏi quy định được bổ sung

Giải thích: **EN-JL2040**: Gang sắt đúc (J) với graphit tấm (L), độ cứng là đặc tính chính (2), chỉ số vật liệu 04 và không có đòi hỏi đặc biệt (0)
EN-JS1024: Gang sắt đúc (J) với graphit dạng cầu (S) và độ bền kéo là đặc tính chính (1), chỉ số vật liệu 02 và độ bền va đập mẫu có khía ở nhiệt độ bình thường (4)
EN-JM1142: Gang đúc dẻo (JM) với độ bền kéo là đặc tính chính (1), chỉ số vật liệu 14 và mẫu đúc liền khối (2)

Ôn tập và đào sâu

1 Hãy giải nghĩa tên ngắn của gang đúc EN-GJL-200
2 Hãy giải mã số vật liệu gang đúc EN-JS1015

4.4.10 Các loại gang sắt

4.4.10.1Gang sắt với graphit tấm (EN-GJL)

Trong gang sắt với graphit tấm (gang xám), một phần lớn của carbon là graphit dạng lá, mịn nằm xen lẫn trong cấu trúc (**Hình 1**)

Đặc tính. Loại than chì đen, mềm trong cấu trúc nền sáng của tinh thể ferit-peclit làm cho mặt gãy hiện ra màu xám. Loại này tác động cho tính trượt tốt, tính thích ứng gia công cắt gọt và khả năng giảm chấn. Hàm lượng cao của C từ 2,6% đến 3,6% tạo ra tính dễ đúc của gang xám. Vì thế những chi tiết có hình dạng phức tạp cũng có thể đúc với gang xám (**Hình 2**).

Khi có tải trọng, những graphit tấm trong gang xám tác động như là những vết khía bên trong làm giảm độ bền kéo và độ giãn ở điểm gãy một cách cơ bản. Kích cỡ của graphit tấm tùy thuộc vào tốc độ làm nguội. Graphit thô làm giảm độ bền kéo nhiều hơn graphit mịn. Độ bền kéo cũng tùy thuộc vào cấu trúc kim loại. Cấu trúc ferit có độ bền kéo tương đối thấp, tăng lên theo thành phần peclit (**Hình 3**). Trái lại độ bền nén của gang đúc với graphit tấm có mức độ cao hơn 4 lần so với độ bền kéo.

Gang với graphit tấm là loại gang thông dụng nhất vì đặc tính của nó và giá thành thấp. Bởi hình dáng tấm của than nên độ bền kéo bị giới hạn và độ dai rất thấp.

Phân loại: Gang sắt với tấm than chì mỏng được xếp loại hoặc với độ bền kéo hay độ cứng Brinell chia thành 6 loại:

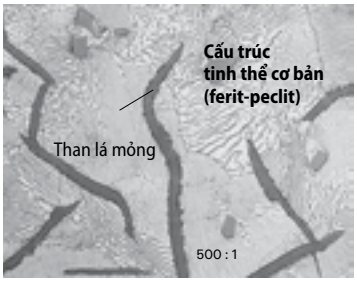
EN-GJL-100...**EN-GJL-350 hoặc EN-GJL-HB 155**...**EN-GJL-HB 255**

Ký hiệu với độ cứng Brinell sẽ được chọn khi độ cứng có tính quyết định, thí dụ như cho chi tiết mài mòn hoặc phương pháp gia công.

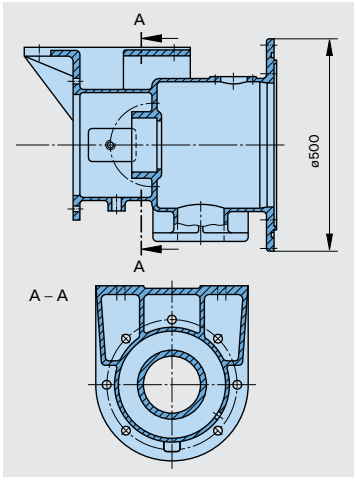
Ứng dụng. Thí dụ giàn máy và bàn trượt của máy công cụ cũng như vỏ hộp số hay vỏ động cơ của máy nổ được làm bằng gang xám.

Gang với graphit dạng giun có graphit tách rời với dạng giun. Độ bền kéo do đó cao hơn gang với graphit tấm ở cùng khả năng dẫn nhiệt. Loại gang này thích hợp cho cơ phận chịu tác động nhiệt như thân máy nổ, nắp quy lát và cơ phận của giàn thắng xe hơi.

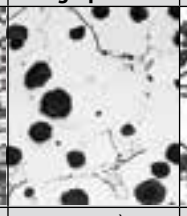
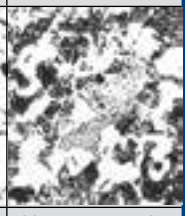
Gang sắt với graphit tấm (than lá mỏng)	
Tên ngắn (thí dụ)	EN-GJL-200
Tỉ trọng	7,25 kg/dm^3
Nhiệt độ hóa lỏng	1150...1250^{0}C
Độ bền kéo	100...350 N/mm^2
Độ giãn ở điểm gãy	khoảng 1%
Độ co ngót (Kích thước co rút)	1%



Hình 1: Cấu trúc của gang với than lá mỏng



Hình 2: Vỏ máy ép lọc bằng gang sắt đúc EN-GJL-250

Đặc điểm	**Gang**			**Gang dẻo đen**	**Thép đúc không hợp kim**
	với graphit tấm		**với graphit cầu**		
Ảnh cấu trúc M 100:1 100 µm					
Dạng than chì (graphit) được tách ra	Lá graphit thô	Lá graphit mịn	Dạng cầu	Kết tủa bông	(không có graphit được tách rời)
	graphit + sọc xementit (sắt carbua)				
Cấu trúc cơ bản	Ferit... Peclit			Ferit	Peclit và Ferit
Độ bền kéo N/mm^2	100...450		350...900	300...800	380...600

Hình 3: Cấu trúc của những loại gang đúc

4.4.10.2 Gang cầu (EN-GJS)

Ở trong gang với graphit cầu, graphit có dạng cầu chứa trong cấu trúc tinh thể cơ bản tương tự thép (Hình 3 trang 265).

Đặc tính. Với dạng cầu của graphit, tác động của khía không đáng kể. Gang với graphit cầu vì thế có độ bền kéo và độ giãn ở điểm gãy cao hơn gang xám. So sánh với tất cả các loại gang, những đặc tính của gang có than dạng cầu gần nhất với thép. Qua nung ram, độ giãn ở điểm gãy được tăng lên và qua ủ nhiệt luyện độ bền kéo tăng lên. Chi tiết bằng gang với graphit cầu cũng có thể tôi cứng lớp da.

Gang sắt với graphit cầu chứa graphit với hình cầu. Gang này có độ bền cao và độ giãn gãy lớn.

Ứng dụng. Những bộ phận gang cần phải có độ bền kéo cao như những bánh xe răng to, trục khuỷu máy nổ, vỏ máy bơm và vỏ hộp tuabin, giá mang bánh xe (**Hình 1**).

Gang có graphit dạng cầu	
Tên tắt (thí dụ)	EN-GJS-700-2
Tỉ trọng	7,2 kg/dm^3
Độ bền kéo	350...900 N/mm^2
Độ giãn ở điểm gãy	22... 2 %
Độ co rút	0,5... 1,2 %

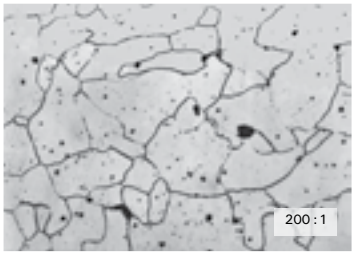
Hình 1: Giá mang bánh xe của ô tô bằng gang cầu

4.4.10.3 Gang dẻo (EN-GJMW và EN-GJMB)

Nguyên liệu ban đầu của gang dẻo là sắt nóng chảy với gần 3% carbon, 1% silic và 0,5% mangan. Chất lỏng này được đúc thành những mẫu đúc có thành mỏng (gang dẻo thô). Những phôi giòn cứng chưa thể sử dụng được này phải trải qua một quá trình nhiệt luyện kéo dài. Sau quá trình xử lý nhiệt hoặc theo hình dáng cấu trúc hình thành của gang người ta phân chia **gang dẻo nung khử carbon** (gang dẻo trắng: tên tắt EN-GJMW) và **gang dẻo nung không khử carbon** (gang dẻo đen; tên tắt EN-GJMB).

Gang dẻo	
Tên tắt (thí dụ)	EN-GJMW-450-7
Tỉ trọng	7,4 kg/dm^3
Độ bền kéo	350...550 N/mm^2
Độ giãn ở điểm gãy	12... 4 %
Độ co rút	1,6 %

Loại **gang dẻo nung khử carbon** với mẫu gang đúc thô nhỏ hoặc có thành mỏng được nung trong khí oxy-hóa ở lò để khử carbon trong nhiều ngày. Mặt gãy (mặt vỡ) của vùng biên được khử than có ánh kim (**Hình 2**). Loại này có cơ tính tương tự như thép. Tuy nhiên những chi tiết này chỉ được khử than tới một độ sâu khoảng 5 mm. Ở những thiết diện dày hơn sắt cacbit ở phần trong sẽ được phân hủy thành than ủ dẻo.



Hình 2: Cấu trúc gang dẻo nung khử carbon

Loại **gang nung không khử than** các phôi gang thô được nung nhiều ngày trong lò có bầu khí trơ (nitơ). Do đó xementit (Fe_3C) bị phân hủy thành ferit và than ủ (C) có dạng kết tủa bông gòn. Cấu trúc tại chỗ vỡ với hạt màu đen (Hình 3 trang 265) ở mọi nơi đều như nhau không lệ thuộc vào chiều dày của chi tiết.

Đặc tính. Cả hai loại gang dẻo đều dai hơn rất nhiều so với gang có graphit tấm và dễ đúc. Thích hợp với hàn là loại gang dẻo đặc biệt EN-GJMW-360-12.

Gang dẻo nung khử than chứa ít carbon ở vùng biên. Trong loại gang dẻo nung không khử than, chất than được chứa đựng trong kết tủa dạng lọn xốp.

Hình 3: Những bộ phận lắp đặt bằng gang dẻo nung khử carbon

Trong những tên tắt của các gang dẻo, tên tắt EN-GJMW hay EN-GJMB được thêm vào độ bền kéo bằng N/mm^2 hay độ giãn ở điểm gãy bằng %.

Ứng dụng. Gang dẻo được ứng dụng chủ yếu trong ngành sản xuất xe, thí dụ như thanh truyền, trục lái, cần gạt. Bên cạnh đó gang này được ứng dụng trong ngành chế tạo máy thí dụ như đòn bẩy cũng như mối nối và vỏ van trong kỹ thuật lắp đặt (**Hình 3**).

4.4.10.4 Thép đúc

Qua đúc, thép đúc kết hợp được những ưu điểm của thép với khả năng tạo hình cho chi tiết. Do đó chi tiết có độ bền và độ dai cao có thể sản xuất mà hình dạng chỉ có thể đạt với kỹ thuật đúc (**Hình 1**).

Có nhiều loại gang thép mà thành phần cấu tạo tùy theo nhu cầu sử dụng (**Bảng 1**). Thép đúc khác với thép ở chỗ có bổ sung một ít chất phụ gia vào thành phần nguyên liệu để dễ đúc, thí dụ như phốt pho (P). Ký hiệu chính của thép đúc có thêm chữ G đặt trước tên tắt.

Thép đúc là loại thép đặc biệt được đổ khuôn.

Bảng 1: Thép đúc với các thí dụ

Thép đúc cho mục đích sử dụng thông thường	GE240
Thép đúc nhiệt luyện	G34CrMo4
Thép đúc không sét gỉ	GX6CrNi26-7
Thép đúc bền nhiệt	G17CrMo5-5
Thép đúc chịu nhiệt	GX40CrNiSi27-4
Thép đúc không có từ tính	GX2CrNi18-11

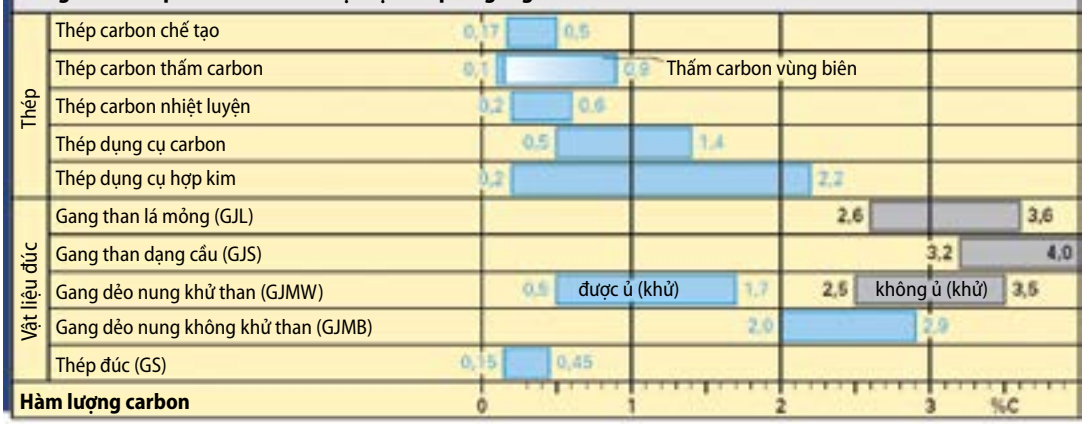
Hình 1: Bánh công tác Kaplan[1], cánh quạt và đùm từ vật liệu GX5CrNi13-4

Ứng dụng. Thép đúc sẽ dùng chế tạo những cơ phận chịu tải cao của ngành chế tạo máy lớn như vỏ tuabin, trụ đứng máy ép và móc cần trục, chi tiết chịu lực cao của xe và cả những chi tiết nhỏ cho máy.

4.4.11 So sánh thành phần carbon trong thép đúc và gang đúc

Cùng với những nguyên liệu hợp kim khác, thành phần carbon của thép đúc và gang đúc (**Bảng 2**) ảnh hưởng đến cấu trúc (Trang 246). Cấu trúc có tính quyết định đến cơ tính (Trang 242), thí dụ như độ bền kéo, và cho đặc tính gia công (Trang 244) thí dụ tính đúc, tính gia công cắt gọt hoặc tính biến dạng.

Bảng 2: Thành phần carbon của vật liệu thép và gang sắt đúc



Ôn tập và đào sâu

1 Việc tách graphit tạo đặc tính nào cho gang với graphit tấm?

2 Ưu điểm của gang cầu so với gang graphit tấm?

3 Hãy giải thích các tên vật liệu EN-GJL-300, EN-GJMW-400-5, GE240.

4 Gang dẻo trắng và gang dẻo đen khác nhau qua những điểm nào?

[1] Tua bin Kaplan là loại tua bin dùng trong nhà máy thủy điện với cánh quạt có thể chỉnh theo dọc trục.

4.5 Kim loại không chứa sắt (Kim loại không thuộc sắt / Kim loại màu)

Tất cả kim loại và hợp kim của chúng được gọi là kim loại không chứa sắt khi sắt không phải là thành phần cao nhất. Tùy theo tỉ trọng, chúng được chia ra thành **kim loại nhẹ** và **kim loại nặng** (**Bảng 1**).

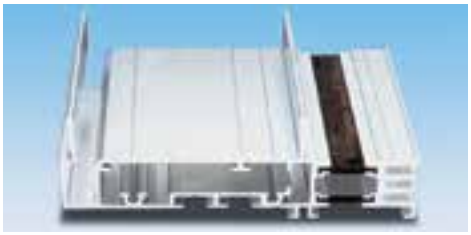
Những kim loại nguyên chất không chứa sắt thì mềm nên không thể được sử dụng làm vật liệu chế tạo máy. Chúng được kết hợp với kim loại khác thành hợp kim, do đó độ bền kéo được tăng lên. Kim loại không thuộc sắt được phân chia tùy theo phương pháp sản xuất thành **hợp kim dẻo** và **hợp kim đúc**.

Bảng 1: Phân loại các kim loại không chứa sắt

Kim loại không chứa sắt	
Kim loại nhẹ và các hợp kim của chúng Tỉ trọng $\varrho < 5$ kg/dm^3 Thí dụ: Nhôm	**Kim loại nặng** và các hợp kim của chúng Tỉ trọng $\varrho > 5$ kg/dm^3 Thí dụ: Đồng

4.5.1 Kim loại nhẹ

Những kim loại nhẹ quan trọng nhất là nhôm (ϱ =2,7 kg/dm^3), manhê (ϱ =1,7 kg/dm^3) và titan (ϱ =4,5 kg/dm^3). Với trọng lượng nhẹ và độ bền kéo tốt, những hợp kim của kim loại nhẹ càng ngày càng trở nên quan trọng, nhất là trong lĩnh vực chế tạo ô tô (**Hình 1**).



Hình 1: Prôfin làm vật liệu xây dựng (bằng hợp kim dẻo AlMg3 không tôi được) sản xuất từ phương pháp đúc ép đùn liên tục

4.5.1.1 Vật liệu nhôm

■ Đặc tính của nhôm

- Tỉ trọng 2,7 kg/dm^3 (≈1/3 của tỉ trọng sắt)
- Nhiệt độ nóng chảy thấp: ≈ 660^{0}C
- Dễ biến dạng, dễ hàn, dễ đúc

■ Các loại nhôm

Những loại hợp kim dẻo

Nhôm nguyên chất chỉ được dùng ở những nơi cần có độ dẫn điện cao, thí dụ như dây điện cao thế ngoài trời.

Nhôm cắt gọt tự động được hợp kim với chì. Do đó chúng trở thành dễ gia công cắt gọt.

Thí dụ: EN-AW-Al Cu4PbMg-p ⇒ Hợp kim cắt gọt tự động sản xuất bằng phương pháp đúc liên tục có độ bền kéo cao

Hợp kim nhôm với Cu, Mn, Mg và Si cũng như với sự kết hợp của các nguyên tố hợp kim này tạo ra những tính chất đặc biệt như dễ biến dạng, độ bền kéo cao, dễ vuốt sâu hay sức bền chống lại ảnh hưởng của thời tiết (**Hình 1, Hình 2**). Đặc tính và sự thích ứng các loại hợp kim khác nhau của nhôm có thể trích ra từ các sách tra cứu bảng. Một số loại hợp kim trong đó có tính tôi cứng được.

Thí dụ: EN AW-Al Cu4Mg1-z ⇒ Hợp kim dẻo cán kéo AlCuMg với độ bền cao.

Hình 2: Niềng xe (vành bánh xe) rèn bằng hợp kim dẻo AlMgSi có thể tôi được

Hình 3: Thân động cơ bằng hợp kim đúc AlSi

Những loại hợp kim đúc

Đa số những hợp kim đúc của nhôm trộn tới 12% silic. Chất này tác động nâng cao tính đúc, như thế cả những thiết kế có thành mỏng cũng được đúc dễ dàng (**Hình 3**). Chúng có độ bền cao và sức bền chống ăn mòn.

Thí dụ: EN AC-AlSi9 ⇒ Hợp kim đúc (AC) cho chi tiết thành mỏng có độ bền kéo cao.

■ Tôi biến cứng (tôi ủ) hợp kim nhôm

Một số hợp kim Al có thể tôi được. Qua nhiệt luyện có chủ đích với sự thay đổi cấu trúc đưa đến việc gia tăng độ bền. Gia công tôi bao gồm ủ hòa đồng hợp kim (sự ủ dung dịch rắn) ở nhiệt độ khoảng 500^{0}C, làm nguội đột ngột trong nước và ủ loại ra. Độ bền cuối cùng sẽ đạt được sau ít ngày.

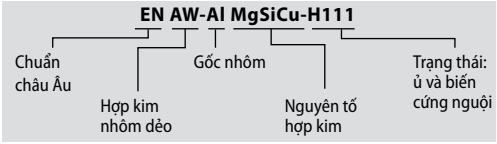
■ Tên gọi của hợp kim nhôm

Vật liệu nhôm được gọi bằng một tên ngắn hoặc bằng một số vật liệu theo chuẩn EN 573.

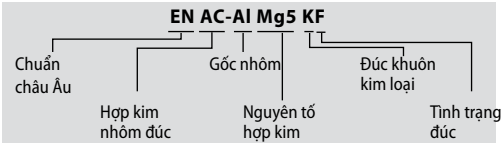
Tên ngắn gồm có mẫu tự EN AW-Al cho loại vật liệu dẻo và EN AC-Al cho loại vật liệu đúc (**Hình 1 và Hình 2**). Tiếp theo là ký hiệu của nguyên tố hợp kim và đôi lúc có số chỉ hàm lượng bằng phần trăm. Sau cùng có thể có thêm phần chỉ tình trạng của vật liệu.

Số vật liệu gồm có phần chữ gọi ở trên và một số đếm.

Thí dụ: EN AW 6060 (≙ EN AW-Al MgSi)



Hình 1: Tên tắt một hợp kim nhồi dẻo nhôm



Hình 2: Tên tắt một hợp kim đúc nhôm

4.5.1.2 Vật liệu Manhê

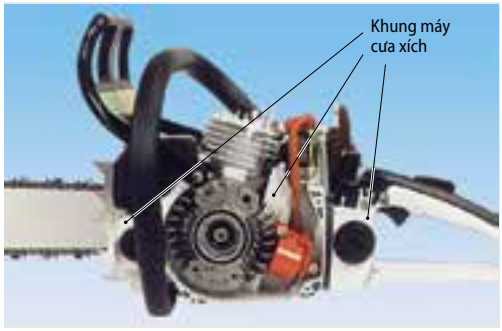
Manhê nguyên chất không được dùng làm vật liệu chế tạo, chỉ hợp kim manhê được ứng dụng.

Gia công và ứng dụng

Hợp kim nhồi dẻo manhê, thí dụ MgAl3Zn, có thể làm biến dạng bằng kỹ thuật ép liên tục và rèn khuôn và có thể được gia công có phoi với tốc độ cao. Vì phoi dễ cháy gây ra hỏa hoạn nên nếu có người ta phải dùng bình chữa cháy cấp độ cháy D, nhưng không được dùng nước để dập lửa.

Manhê đúc , thí dụ GD-MgAl8Zn1, phù hợp cho các cấu kiện có thành mỏng như khung máy cưa xích (**Hình 3**) hay nắp đậy đầu quy lát.

Trường hợp kết nối những bộ phận làm bằng hợp kim manhê với kim loại khác, phải chú ý tới khả năng bị ăn mòn qua tiếp xúc.



Hình 3: Thân máy cưa xích bằng manhê đúc áp lực

4.5.1.3 Vật liệu titan

Titan có độ bền kéo và độ dẻo như sắt, nhưng nhẹ hơn 40% với tỉ trọng 4,5 kg/dm^3. Nhờ pha trộn hợp kim với Al hay nguyên liệu kim loại khác, độ bền kéo được nâng cao đáng kể. Thí dụ: TiAl6V4. Vì tỉ trọng thấp, độ bền kéo và độ dai cao cũng như sức bền chống ăn mòn tốt nên hợp kim titan được ứng dụng đặc biệt trong ngành hàng không và không gian (**Hình 4**).

Hình 4: Phôi rèn rôto dạng sao của một máy bay lên thẳng (trực thăng) bằng hợp kim titan

Ôn tập và đào sâu

1 Kim loại không chứa sắt được phân chia vào nhóm nào?
2 Những hợp kim không chứa sắt có những ưu điểm nào so với kim loại ròng không chứa sắt?

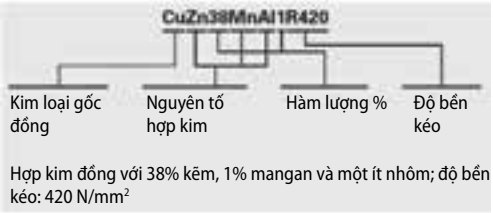
4.5.2 Kim loại nặng

Những kim loại nặng quan trọng nhất được sử dụng cho những cấu kiện trong chế tạo máy là đồng, thiếc, kẽm và những hợp kim của chúng. Những kim loại nặng khác thí dụ như crôm, nickel và vanađi được dùng làm hợp kim của thép.

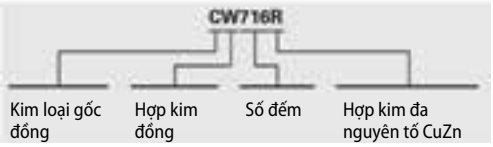
4.5.2.1 Tên tắt của kim loại nặng

Những tên tắt của kim loại nặng gồm có ký hiệu hóa học của kim loại gốc, theo sau là ký hiệu của nguyên tố hợp kim và số liệu thông tin về hàm lượng bằng phần trăm (**Hình 1**). Đặt trước tên kim loại đúc có thể là mẫu tự ghi phương pháp đúc, thí dụ như G cho đúc khuôn cát, GD cho đúc bằng áp lực v. v. Đặt sau tên kim loại có thể là độ bền kéo, thí dụ như R420, tức là độ bền kéo là 420 N/mm^2.

Vật liệu đồng không hợp kim có tên ngắn đặc biệt. Thí dụ: Cu-DHP-R220. Ý nghĩa được giải thích phần dưới. Hợp kim đồng dẻo được đặt thêm một tên tắt bằng số (số vật liệu). Tên này gồm có các chữ CW và một số đếm (**Hình 2**). Có thể tiếp thêm một mẫu tự chỉ nhóm hợp kim.



Hình 1: Tên tắt một hợp kim kim loại nặng



Hình 2: Tên tắt bằng số của một hợp kim đồng

4.5.2.2 Đồng và hợp kim đồng

■ Đồng nguyên chất

Đặc tính và ứng dụng

Đồng không hợp kim trong tình trạng được cán nóng vừa mềm vừa dễ kéo sợi. Qua tác động đập búa, ép hay kéo giãn (bị biến cứng nguội do gia công), đồng sẽ trở nên cứng và mềm trở lại khi nung nóng.

Đồng có tính dẫn truyền cao cho nhiệt và điện, chỉ kém bạc. Đồng được dùng làm dây điện (**Hình 3**) và được sử dụng làm ống trao đổi nhiệt và làm lạnh trong ngành chế tạo máy và thiết bị. Quan trọng nhất là các loại đồng có thích hợp cho gia công hàn và hàn vảy.

Ngoài ra kim loại đồng được dùng làm hợp kim.

Thí dụ: **Cu-DHP-R220** ⇒ Đồng dùng để tạo thiết bị, khả năng dẫn nhiệt cao, độ bền kéo R_m=220 N/mm^2.

Hình 3: Dây đồng dùng dẫn điện

■ Những hợp kim đồng - kẽm (đồng thau)

Đặc tính và ứng dụng

Hình 4: Chi tiết tiện bằng hợp kim đồng-kẽm

Những hợp kim đồng - kẽm (CuZn) có hàm lượng kẽm từ 5% đến 40%. Chúng không bị ăn mòn và sở hữu bề mặt có tính trượt. Ở hàm lượng kẽm thấp, thau mềm và dễ biến dạng, với hàm lượng kẽm cao chúng cứng hơn. Nhờ tác động biến cứng nguội, độ bền kéo có thể tăng lên đến khoảng 600 N/mm^2. Hợp kim CuZn dễ biến dạng, đúc và cắt gọt. Bằng hợp kim này người ta sản xuất vỏ phụ tùng và trang bị phụ, vít không bị ăn mòn, những chi tiết tiện nhỏ (**Hình 4**). Hợp kim đồng - kẽm đôi lúc có chứa thêm những nguyên tố khác.

Thí dụ: **CuZn36Pb3** ⇒ Hợp kim dẻo đồng - kẽm - chì với 36% kẽm và 3% chì; cho chi tiết tiện được gia công cắt gọt tự động.

■ Hợp kim đồng - thiếc (hợp kim đồng đỏ pha thiếc)

Hợp kim CuSn có từ 2% đến 15% thiếc.

Chúng không bị ăn mòn và có độ bền kéo cao, độ bền mài mòn và có đặc tính trượt tốt. Cùng với sự gia tăng hàm lượng thiếc, độ bền kéo và sức chống ăn mòn gia tăng theo. Qua biến cứng nguội (thí dụ như cán) chúng có thể gia tăng độ cứng như "độ cứng lò xo" và do đó có một độ bền kéo 750 N/mm^2.

Hợp kim CuSn được gia công làm vít xoắn, đai ốc trục, lò xo tiếp xúc, đường trượt và đường dẫn hướng cũng như bạc lót (**Hình 1**).

Thí dụ cho hợp kim đồng- thiếc:

CuSn8P ⇒ Hợp kim dẻo với đặc tính trượt rất tốt và độ bền mài mòn cao, thí dụ như cho ổ trượt có tải trọng cao trong động cơ.

G-CuSn12Pb ⇒ Hợp kim đúc có thêm chì, độ bền mài mòn rất cao, với tính bền mòn ma sát, thí dụ như cho ống lót ổ trượt (**Hình 2**).

■ Hợp kim đúc đồng-kẽm-thiếc

Hợp kim này cũng được gọi là **đồng thau đỏ** với tính dễ đúc, chịu ăn mòn, dễ gia công cắt gọt và có đặc tính trượt tốt. Chúng được dùng làm vỏ phụ tùng và vỏ máy bơm (**Hình 3**).

Thí dụ: **G-CuSn6Zn4Pb2**

■ Hợp kim đồng - nhôm

Những hợp kim này nổi bật vì độ bền kéo cao, độ dai và sức bền chống ăn mòn, đặc biệt đối với nước biển. Chúng được ưu tiên ứng dụng trong ngành đóng tàu và chế tạo thiết bị dùng trong môi trường nước biển và thiết bị hóa chất.

Thí dụ: **CuAl7Si2** ⇒ Hợp kim bền trong môi trường nước biển dùng trong ngành đóng tàu.

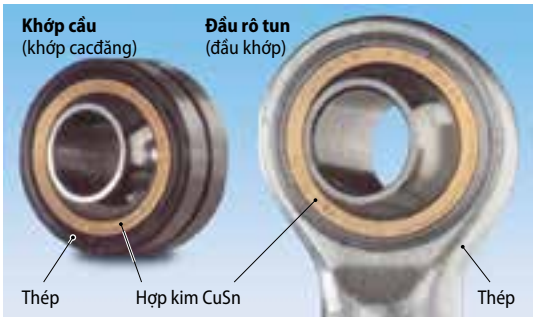
CuAl10Fe3 Mn2 ⇒ Hợp kim dẻo với độ bền chống ăn mòn và mài mòn, thí dụ dùng làm bánh vít và chén sú páp.

■ Hợp kim đồng - nickel

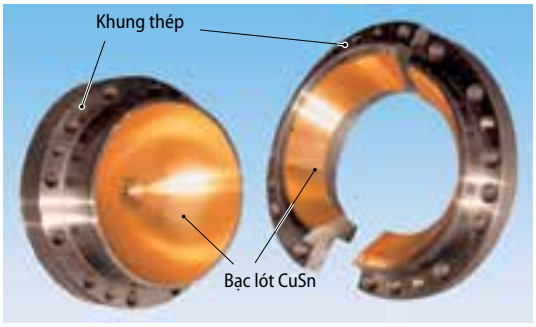
Hợp kim đồng - nickel cứng như lò xo, dẫn điện tốt, chịu đựng ăn mòn và có ánh kim tương tự màu bạc. Chúng được dùng sản xuất công tắc điện đàn hồi, khóa, dụng cụ vẽ gạch, thiết bị kỹ thuật ống nước, vỏ bọc thiết bị, và "tiền xu" (**Hình 4**).

Thí dụ: **CuNi9Sn2** ⇒ Công tắc điện có tính đàn hồi

Một điều đặc biệt là hợp kim **CuNi44**, cũng được gọi là constantan. Hợp kim này có điện trở không bị ảnh hưởng nhiệt độ và được dùng làm điện trở.



Hình 1: Bạc lót cho khớp cacđăng và đầu rô tun bằng hợp kim đồng thiếc CuSn8P



Hình 2: Bạc lót chà hình cầu bằng vật liệu G-CuSn12Pb trong khung thép

Hình 3: Vỏ máy bơm bằng hợp kim đúc CuSnZn

Hình 4: Bộ phận bằng hợp kim CuNi

4.5.2.3 Những hợp kim kim loại nặng khác

■ Hợp kim kẽm

Hợp kim kẽm chứa trước tiên là chất bổ sung nhôm và đồng, những chất phù hợp đặc biệt cho đúc áp lực các chi tiết thành mỏng, nhưng cũng được dùng làm khuôn thổi và khuôn vuốt sâu cho chất dẻo.

Thí dụ: **G-ZnAl6Cu1** ⇒ Cho những vật đúc phức tạp.

■ Hợp kim thiếc

Những hợp kim thiếc quan trọng nhất chứa chì và được sử dụng làm chất hàn vảy mềm (chất hàn thiếc - chì) hay hợp kim đúc áp lực cho những chi tiết gia công nhỏ với kích thước rất chính xác.

Thí dụ GD-Sn80Pb ⇒ Thí dụ bánh xe răng trong đồng hồ nước.

■ Hợp kim nickel (kền)

Nickel có thể trộn với Cr, Mn, Mg, Al và Be thành hợp kim. Tùy theo kim loại thêm vào, ta sẽ được những hợp kim có độ bền kéo cao, đàn hồi, chịu nhiệt độ cao và sức bền chống ăn mòn (**Hình 1**).

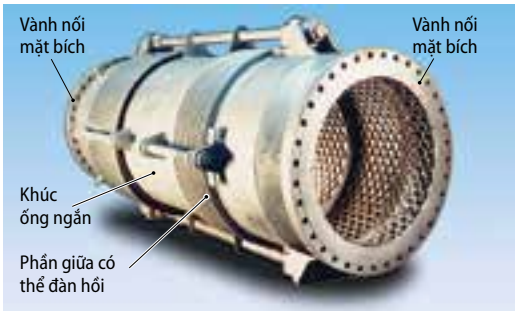
Thí dụ: **NiCr22Mo9Nb** ⇒ Thí dụ cho phụ tùng chịu nhiệt

4.5.2.4 Kim loại hợp kim

Nhiều kim loại không có ý nghĩa như là vật liệu chế tạo, thí dụ như crôm hoặc nickel, tuy nhiên là kim loại hợp kim chúng lại rất quan trọng (**Bảng 1**). Thí dụ như thép không gỉ trước hết có thành phần crôm và nickel, trong thép cắt gọt nhanh (thép gió) chứa thành phần vonfram, molybđen, vanađi và cobalt. Trong khi những **kim loại nóng chảy nhiệt độ cao** là crôm, nickel, vanađi, cobalt và mangan trước hết là cải thiện sức bền chống ăn mòn và cơ tính của thép, thì những **kim loại có nhiệt độ nóng chảy cực đại** là vonfram, tantan, molybđen và niobi (colombi) cải thiện độ bền nhiệt.

5.5.2.5 Kim loại quý

Thuộc vào kim loại quý trước hết là vàng, bạc và bạch kim, nhưng iriđi, rohdi (Rh), osmi và paladi cũng thuộc vào đấy. Trong ngành kỹ thuật vàng và bạc được dùng làm vật liệu truyền dẫn (điện) và tiếp xúc, bạch kim dùng làm cặp nhiệt điện và dụng cụ phòng thí nghiệm.



Hình 1: Thiết bị hóa học bằng hợp kim nickel không bị ăn mòn NiCu30Fe

Bảng 1: Nhiệt độ chảy và sự ứng dụng của hợp kim nặng[1)]

Kim loại	Điểm nóng chảy (°C)	Ứng dụng
Kim loại hợp kim có nhiệt độ nóng chảy cao		
Crôm (Cr)	1903	Kim loại hợp kim cho thép, lớp mạ phủ ngoài, mạ crôm cứng. Thí dụ cho dụng cụ gia công
Nickel (Ni)	1453	Kim loại hợp kim cho thép và đồng, lớp mạ trang trí, cặp nhiệt điện, pin
Vanađi (V)	1890	Kim loại hợp kim cho thép
Cobalt (Co)	1493	Kim loại hợp kim cho thép, hợp kim cứng, nam châm vĩnh cửu
mangan (Mn)	1244	Kim loại hợp kim cho thép, đồng và nhôm
Kim loại hợp kim có nhiệt độ nóng chảy cực đại		
Vonfram (W)	3380	Kim loại hợp kim cho thép, hợp kim cứng, que hàn, vật liệu làm công tắc
Tantan (Ta)	3000	Trọng lượng hiệu chuẩn, cấu kiện cho kỹ thuật chân không và kỹ thuật y khoa, hợp kim cứng
Molybđen (Mo)	2600	Kim loại hợp kim cho thép, lớp mạ chống mài mòn, bộ nung, đèn tia X
Niobi (Nb)	2410	Kim loại hợp kim cho thép

[1)] Thí dụ cho các loại thép trang 255

Ôn tập và đào sâu

1 Tên ngắn của hợp kim đồng chứa những thông tin nào?
2 Hãy cho biết hai loại hợp kim đồng với mỗi loại một hợp kim cụ thể và đặc tính của chúng.
3 Kim loại hay hợp kim nào thích ứng cho ổ trượt?
4 Những kim loại sau đây được ứng dụng cho mục đích nào: đồng, thiếc, crôm, vonfram, bạch kim?

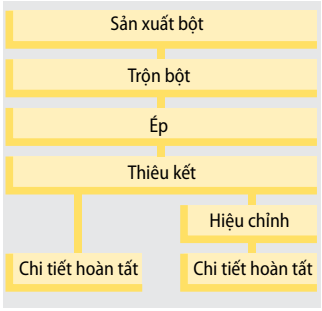
4.6 Vật liệu thiêu kết

Vật liệu thiêu kết được sản xuất bằng bột kim loại với phương pháp ép cao áp thành hình vật ép và qua công đoạn nhiệt luyện tiếp theo (gọi là thiêu kết) để đạt độ bền kéo sau cùng (**Hình 1**).

Hình 1: Puli đai răng được thiêu kết

4.6.1 Sản xuất chi tiết được tạo dạng bằng vật liệu thiêu kết (Sản xuất chi tiết nung kết)

Việc sản xuất chi tiết được thực hiện qua nhiều công đoạn gia công (**Hình 2**).

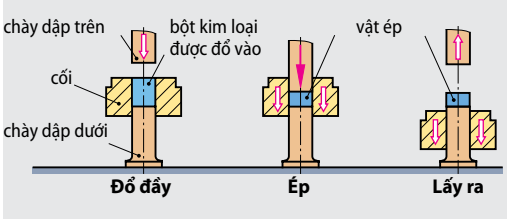


Hình 2: Trình tự sản xuất của vật gia công bằng thiêu kết

Sản xuất bột. Vật liệu đầu vào là bột kim loại đạt được bằng phương pháp phun bằng vòi hoặc nghiền thành bột dạng bụi của vật liệu nóng chảy. Do tốc độ làm nguội cao, những hạt bột có tinh thể mịn và đều.

Trộn bột. Trong hợp kim thiêu kết những loại bột kim loại cần thiết được trộn với nhau. Để cho dễ nén trong gia công ép sau đó, các loại bột được pha thêm chất bôi trơn, thí dụ như stearin kẽm (muối và este kẽm $C_{18}H_{36}O_2$).

Ép. Trong khuôn ép các loại bột được ép thành **phôi ép** với áp suất đến 6000 bar (**Hình 3**). Qua đó diện tích tiếp xúc các hạt bột gia tăng trong lúc những lỗ rỗng nhỏ lại (**Hình 4**). Những hạt bột hóa cứng do biến dạng nguội ở những nơi tiếp xúc. Qua sự bám dính và việc bị ép cơ học vào nhau của các hạt bột, vật ép có một sự kết hợp yếu.



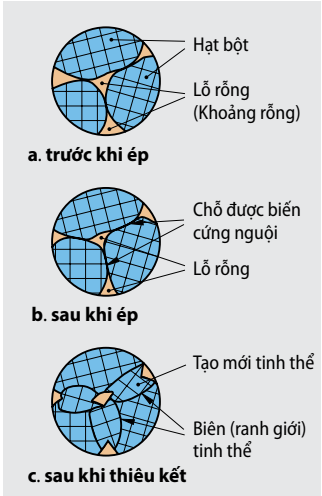
Hình 3: Ép bột thành vật ép

Thiêu kết. Độ bền cuối cùng mà vật ép đạt được nhờ gia công thiêu kết qua xử lý nhiệt theo sự điều khiển nhiệt độ và thời gian. Ở đây các nguyên tử di chuyển vượt qua khỏi vị trí tiếp xúc vào hạt dạng bột lân cận của nhau (khuếch tán). Đồng thời những diện tích tiếp xúc bị biến cứng nguội trước đó được cấu tạo thành tinh thể mới (tái kết tinh). Nhiệt độ thiêu kết của bột đơn thuần thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của vật liệu dạng bột. Ở hỗn hợp bột thì nhiệt độ có thể được chọn để nó vượt qua điểm nóng chảy của bột với nhiệt độ nóng chảy thấp nhất. Do nhiệt độ cao nên chi tiết được bảo vệ lúc thiêu kết qua khí bảo vệ trước oxy-hóa. Khí bảo vệ thí dụ có thể là hydro, nitơ hay hỗn hợp các loại khí này.

> Thiêu kết là một phương pháp nung những hạt bột kim loại đã được ép, qua đó nhờ tác động của khuếch tán và tái kết tinh để tạo thành một cấu trúc kết dính nhau.

Hiệu chuẩn. Các chi tiết được định dạng bằng thiêu kết phần lớn có một độ chính xác về kích thước và độ bóng bề mặt vừa đủ. Trường hợp những tính chất của bộ phận thiêu kết được đòi hỏi đặc biệt, những phôi sẽ được ép bổ sung sau thiêu kết trong những khuôn đặc biệt (hiệu chuẩn).

Rèn thiêu kết. Trong quy trình rèn thiêu kết, các phôi đã tạo dạng sơ trước qua thiêu kết được định hình trong một khuôn rèn để trở thành chi tiết hoàn tất (**Hình 1, trang 274**). Do cấu trúc đều hơn, các vật rèn thiêu kết có cơ tính cao hơn các vật rèn dập bằng khuôn.



Hình 4: Quá trình ép và thiêu kết

4.6.2 Đặc tính và ứng dụng

Đặc tính của bộ phận thiêu kết chủ yếu do ảnh hưởng của vật liệu bột, của nhiệt độ thiêu kết và của áp suất lúc ép. Áp suất thấp đưa đến cấu trúc xốp, áp suất cao đưa đến vật liệu chắc *(đặc)*. Các bộ phận thiêu kết xốp nhiều được dùng làm thiết bị lọc (**Hình 2**), xốp cũng được dùng làm vật liệu cho bạc lót (thau dầu) (**Hình 3**). Loại này được cho thấm dầu trước khi lắp ráp sẽ có đặc tính bền mòn cọ sát. Chi tiết thép thiêu kết có thể đưa vào xử lý nhiệt, thí dụ có thể tôi cứng hay nhiệt luyện nâng phẩm (hóa tốt).

Ưu điểm của kỹ thuật thiêu kết	Nhược điểm của kỹ thuật thiêu kết
• Sản xuất hàng loạt những bộ phận hoàn tất để lắp ráp với chi phí thuận lợi • Sản xuất những hợp kim bằng kim loại với độ nóng chảy chênh lệch rất lớn • Các bộ phận thiêu kết xốp và đặc đều có thể sản xuất • Tính chất vật liệu có thể lựa chọn được bằng thành phần tương ứng của bột. • Tính bền mòn ma sát với những bạc lót được thấm dầu	• Gia công ép đòi hỏi áp lực cao • Khuôn ép đắt • Độ lớn của chi tiết giới hạn qua lực ép cao và độ nén chặt ít (yếu) ở trong chi tiết. • Giới hạn vì phương pháp định hình, thí dụ không thể có lỗ khoan ngang và lỗ ren răng.

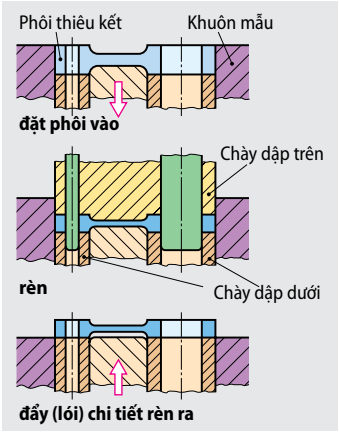
4.6.3 Sản xuất vật liệu qua phương pháp luyện kim bột

Bột dùng để sản xuất thép dụng cụ bằng kim loại dạng bột được nung khoảng 1000 đến 1100^{0}C và ép với áp suất khoảng 1000 bar trong hệ thống ép nóng để đạt được những khối không có lỗ xốp. Các khối phần lớn được cán nóng để gia tăng độ dai, sau đó được gia công tiếp để trở thành dụng cụ. Thép dụng cụ làm bằng phương pháp luyện kim bột có được cấu trúc hầu như không có thiên tích (sự chia tách). Hạt cacbit rất mịn và phân phối đều đặn trong cấu trúc (**Hình 4, trái**). Nhờ thế mà sự biến dạng trong lúc nhiệt luyện ít và đồng đều hơn, độ bền chống đứt gãy cao hơn so với vật liệu của dụng cụ được sản xuất theo phương pháp luyện kim nung hóa lỏng (**Hình 4, phải**). Vì có thể tác động biến dạng nóng được với những vật liệu có thành phần hợp kim cao hơn cho nên dụng cụ này có độ bền hao mòn tốt hơn. Thí dụ lưỡi doa, cây ren răng và lưỡi (dao) phay ngón, có thể được sản xuất bằng những loại thép này.

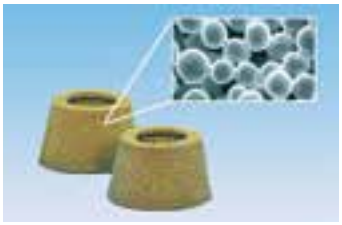
Vòng ổ bi và con lăn bằng gốm hoặc vòng bi hỗn hợp (vòng bi lai) (trang 390) được sản xuất bằng silic nitrua (Si_3N_4). Bột silic nitrua được dùng thí dụ sơ chế vật ép hình cầu (bi) và sau đó được ép nóng ở nhiệt độ đến 1800^{0}C và áp suất đến 2000 bar. Gia công cuối cùng được thực hiện bằng phương pháp mài nghiền (**Hình 5**).

Ôn tập và đào sâu

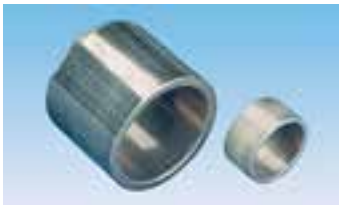
1 Người ta hiểu thế nào về thiêu kết?
2 Những bước gia công để sản xuất các chi tiết được tạo dạng bằng thiêu kết được gọi là gì?
3 Những bộ phận thiêu kết có những ưu điểm nào?
4 Thép dụng cụ được sản xuất theo phương pháp luyện kim bột như thế nào?



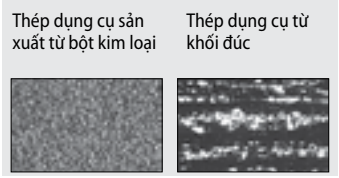
Hình 1: Rèn thiêu kết



Hình 2: Bộ lọc bằng kim loại thiêu kết



Hình 3: Bạc lót thiêu kết



Hình 4: Sự phân phối hạt cacbit

Hình 5: Những giai đoạn sản xuất bi gốm cho vòng bi (ổ lăn)

4.7 Vật liệu gốm

Vật liệu gốm là vật liệu phi kim loại, vô cơ được sản xuất khi nung phôi ép từ bột.

Những vật liệu gốm hiện đại gọi là **gốm kỹ thuật** hay **gốm công suất cao**, được dùng trong ngành chế tạo máy càng ngày càng nhiều dưới dạng bộ phận lắp ráp và trong kỹ thuật sản xuất dưới dạng dụng cụ (**Hình 1**). Chúng đảm nhận những nhiệm vụ riêng biệt mà chỉ có chúng mới có đặc tính đáp ứng được.

Hình 1: Những cấu kiện bằng vật liệu gốm

■ Tính chất vật liệu gốm

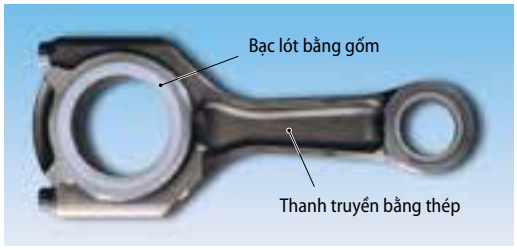
Những vật liệu gốm có một số đặc tính chung làm chúng khác hẳn với thép.

Những tính chất ưu điểm là:
- Độ cứng và độ bền nén cao
- Bề mặt có tính trượt với độ bền mài mòn cao
- Độ bền nhiệt cao đến khoảng 1500^{0}C
- Độ bền ăn mòn và độ bền chịu hóa chất
- Tỉ trọng thấp từ khoảng 2kg/dm^3 đến 4kg/dm^3
- Đa số có tính cách điện

Hình 2: Đĩa phanh công suất cao bằng gốm cho một xe thể thao

Tuy nhiên vật liệu gốm không thể biến dạng và dễ vỡ khi bị va chạm mạnh. Chúng không thể chịu được ứng suất tăng vọt thí dụ như ở vết khía và không chịu được ứng suất kéo cao.

Vì những đặc tính này mà các cấu kiện bằng vật liệu gốm hoặc đáp ứng được nhiệm vụ đặc biệt (**Hình 2**) hoặc làm cấu kiện đặc biệt lắp vào cụm lắp ráp (**Hình 3**). Ở đấy, những cấu kiện này đảm nhận nhiệm vụ chống hao mòn hay hoạt động ở nhiệt độ cao.

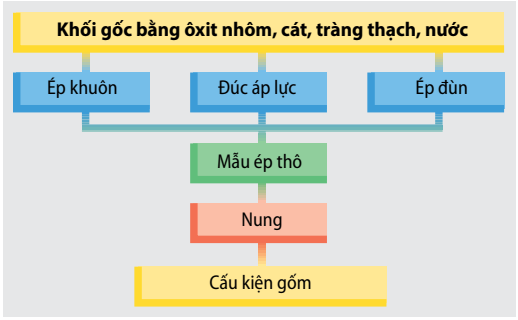


Hình 3: Bạc lót bằng gốm trong một thanh truyền

■ Sản xuất

Việc sản xuất vật liệu gốm bắt đầu từ các nguyên tố gốc dưới dạng bột và bao gồm nhiều giai đoạn sản xuất (**Hình 4**):

1. **Nghiền và trộn** bột nguyên thủy thành khối gốc (khối lượng ban đầu)
2. **Tạo hình** phôi thô (mẫu ép thô, bánh ép tươi). Mẫu này có thể hoàn thành bằng ép khuôn hay bằng đúc áp lực và đùn ép dạng bột nhão.
3. **Nung** phôi thành cấu kiện gốm ở nhiệt độ từ 1400^{0}C đến 2500^{0}C. Ở giai đoạn này dạng bột được nung kết trở thành cấu kiện.
4. **Gia công sau cùng** những cấu kiện bằng phương pháp mài, nếu có yêu cầu bề mặt trượt láng.



Hình 4: Sản xuất vật liệu gốm

■ Các loại gốm và ứng dụng

Gốm thạch anh (**gốm silicat**)

Vật liệu gốm này, cũng được gọi là sứ công nghiệp hay sứ kỹ thuật, được nung với hợp chất gồm 50 % ôxít nhôm (Al_2O_3), 25 % cát thạch anh (SiO_2), và 25 % tràng thạch ($KAlSi_3O_8$).

Sứ kỹ thuật có sứ thô màu trắng và đặc. Vật liệu này có độ bền cơ học tốt, chịu đựng được nhiều hóa chất và có khả năng cách điện rất cao. Ứng dụng chính là bộ phận cách điện trong máy móc, thiết bị gia nhiệt (máy sưởi nhỏ/thiết bị nung) bằng điện, công tắc và đèn (**Hình 1**).

Hình 1: Giá mang bộ nung bằng sứ kỹ thuật

Gốm ôxít

Ôxit nhôm (Al_2O_3) được thiêu kết thật đặc là loại vật liệu gốm quan trọng nhất. Gốm này có độ bền ép cao, độ cứng và độ bền mài mòn cũng như chịu được nhiệt độ cao và có khả năng dẫn nhiệt khá. Nó được gia công làm đầu phun sợi, đĩa đệm kín, bộ phận dẫn sợi, bánh xe uốn, vành đệm kín trượt và mảnh cắt (**Hình 2**). Cả **zirikon ôxit** (ZrO_2) thực hiện bằng thiêu kết ép cũng được dùng cho các ứng dụng tương tự.

Hình 2: Lưỡi phay bằng gốm ôxít nhôm

Gốm không thuộc ôxít. Những vật liệu gốm không thuộc nguồn ôxít là silic cacbua và silic nitrua.

Gốm silic cacbua (SiC) ngoài độ cứng cao, độ bền mài mòn và độ chịu nhiệt cao còn có độ giãn nở thấp, khả năng dẫn nhiệt cao và khả năng chống ăn mòn tốt nhất chống axít và trong kim loại lỏng (nóng chảy). Vật liệu này được chế biến thành ống bảo vệ nhiệt kế và lớp bọc bồn nóng chảy cho kim loại nhôm, thanh nung và vòng đệm trượt kín (**Hình 3**).

Hình 3: Vành trượt bằng silic cacbua

Gốm silic nitrua (Si_3N_4) bao hàm sự kết hợp độc nhất của độ cứng, độ bền mài mòn, độ bền chịu nhiệt cao, độ bền chống ăn mòn của hóa chất cũng như độ bền ép lớn và độ dai tạm đủ. Gốm silic nitrua có thể ứng dụng làm cấu kiện chịu tải cơ học cao và chuyển động nhanh, thí dụ như vòng trượt, vòng bi ổ lăn, vật thể lăn và dụng cụ gia công gang đúc (**Hình 4**).

Hình 4: Vòng bi (bạc đạn) bằng silic nitrua

Gốm than. Vật liệu kết hợp từ carbon với silic cacbua liên kết độ bền nhiệt độ cao cùng với độ bền kéo, độ bền nén và độ bền hao mòn cực đại. Với vật liệu này người ta có thể sản xuất đĩa thắng công suất cao (Hình 2 trang 275).

■ Tráng gốm (phủ gốm)

Tráng gốm được ứng dụng khi cấu kiện bằng thép với độ bền và độ dai cao nhưng cần các tính chất của bề mặt gốm: độ cứng và độ bền ép cực cao, độ bền mài mòn, độ bền chống ăn mòn của hóa chất và tính cách điện. Bề mặt gốm thường hay được phủ lớp từ hợp chất của ôxít nhôm và titan đioxít (TiO_2). Chúng được phủ bằng phương pháp phun plasma thí dụ trên con lăn, bộ dẫn sợi, trục cán (**Hình 5**).

Hình 5: Cấu kiện bằng thép tráng gốm

Ôn tập và đào sâu

1 Vật liệu gốm có những đặc tính nào?
2 Người ta dùng ôxít nhôm thiêu kết để làm gì?
3 Vì sao phải tráng lớp gốm lên cấu kiện bằng thép?

4.8 Nhiệt luyện thép

Qua nhiệt luyện, các đặc tính của thép và vật liệu gang sắt có thể thay đổi theo mong muốn. Đặc biệt là độ cứng, độ bền và tính gia công có thể cải thiện. Nguyên nhân của sự cải thiện đặc tính là sự thay đổi của cấu trúc vật liệu.

4.8.1 Các loại cấu trúc của vật liệu sắt

Vật liệu sắt chứa một hàm lượng carbon nhất định từ quá trình sản xuất. Hàm lượng carbon này có thể là điều quấy nhiễu, vì hàm lượng carbon cao quá sẽ làm cho sắt giòn. Mặt khác, một thành phần carbon nào đó trong sắt lại là điều kiện để cải thiện nhiều đặc tính qua nhiệt luyện.

Nguyên nhân của tác dụng carbon trong sắt là ảnh hưởng của carbon vào kết cấu bên trong, **cấu trúc** (tinh thể).

Khảo sát cấu trúc của sắt làm nguội chậm, người ta nhận ra rằng sắt có cấu trúc khác nhau tùy theo hàm lượng carbon (**Hình 1**).

Sắt tinh khiết kỹ thuật kết thành một cấu trúc từ những hạt vê tròn. Cấu trúc này được gọi là **ferit** hoặc **sắt anpha** (Fe_α) (**Hình 1a**). Loại này mềm, dễ biến dạng và từ hóa được.

Sắt chứa từ 0,1 % đến khoảng 2 % carbon được gọi là thép.

Thép chứa carbon không ở hình thức nguyên chất mà là dưới dạng kết nối hóa học: **cac bua sắt** (**sắt cacbit**) **Fe_3C**. Thành phần cấu trúc này được gọi là **xêmentit**. Chất này cứng và giòn.

Với hàm lượng carbon thấp (đến 0,8 %) xêmentit tách ra dưới dạng sọc mỏng (xêmentít sọc) kéo xuyên qua hạt ferit (**Hình 1b**).

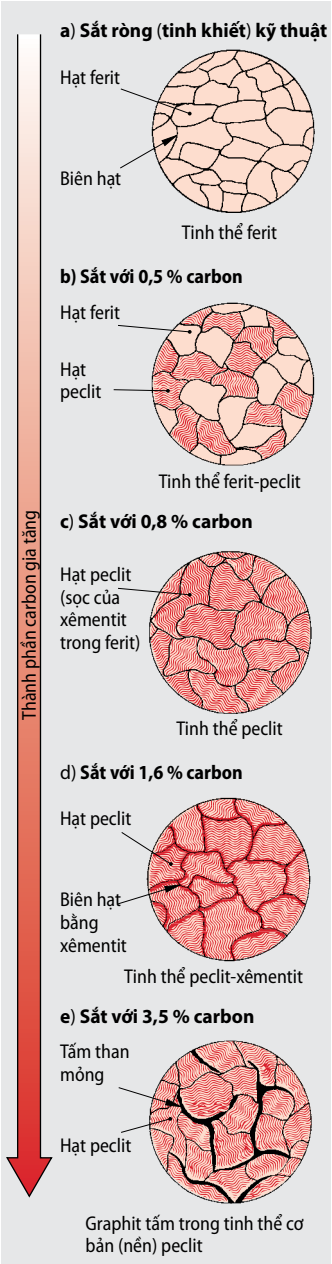
Trong **thép có 0,8 % carbon** (thép ơtectoit), tất cả hạt ferit có **sọc xêmentit** xuyên qua hạt. Cấu trúc này được gọi là **peclit** vì dáng giống như xà cừ (**Hình 1c**).

Thép có carbon ít hơn 0,8 % (thép hạ ơtectoit) có một cấu trúc bao gồm hạt ferit và hạt peclit. Cấu trúc này được gọi là cấu trúc **ferit-peclit** (Hình 1b).

Thép với thành phần carbon lớn hơn 0,8 % (thép thượng ơtectoit) chứa nhiều carbon đến nỗi ngoài thành phần sọc xêmentit trong hạt peclit còn có thành phần xêmentit ở biên hạt (**xêmentit biên hạt**) (**Hình 1d**). Càng có hàm lượng cao xêmentit trong cấu trúc, thép càng cứng hơn mà độ giòn cũng tăng lên.

Sắt với hàm lượng carbon từ 2,5 % đến 3,7 % là gang sắt.

Ngoài carbon, gang còn chứa thêm một lượng silic cao. Nguyên tố này tác động làm cho phần lớn carbon không phản ứng thành xêmentit Fe_3C mà tách rời dưới dạng carbon nguyên chất thành tấm than mỏng. Nhìn tổng quát trong vật đúc có những loại tách rời này: phần trội hơn 0,8 % carbon tách rời dạng miếng than mỏng ở biên hạt trong khi phần còn lại của carbon kết tinh thành sọc xêmentit. Cấu trúc của vật liệu gang sắt đúc vì thế bao gồm một **chất cơ bản** *(chất nền)* **peclit** hay **ferit-peclit** và giữa những hạt có **graphit tấm** xen vào (**Hình 1e**).



Hình 1: Các loại tinh thể của vật liệu sắt với hàm lượng carbon khác nhau

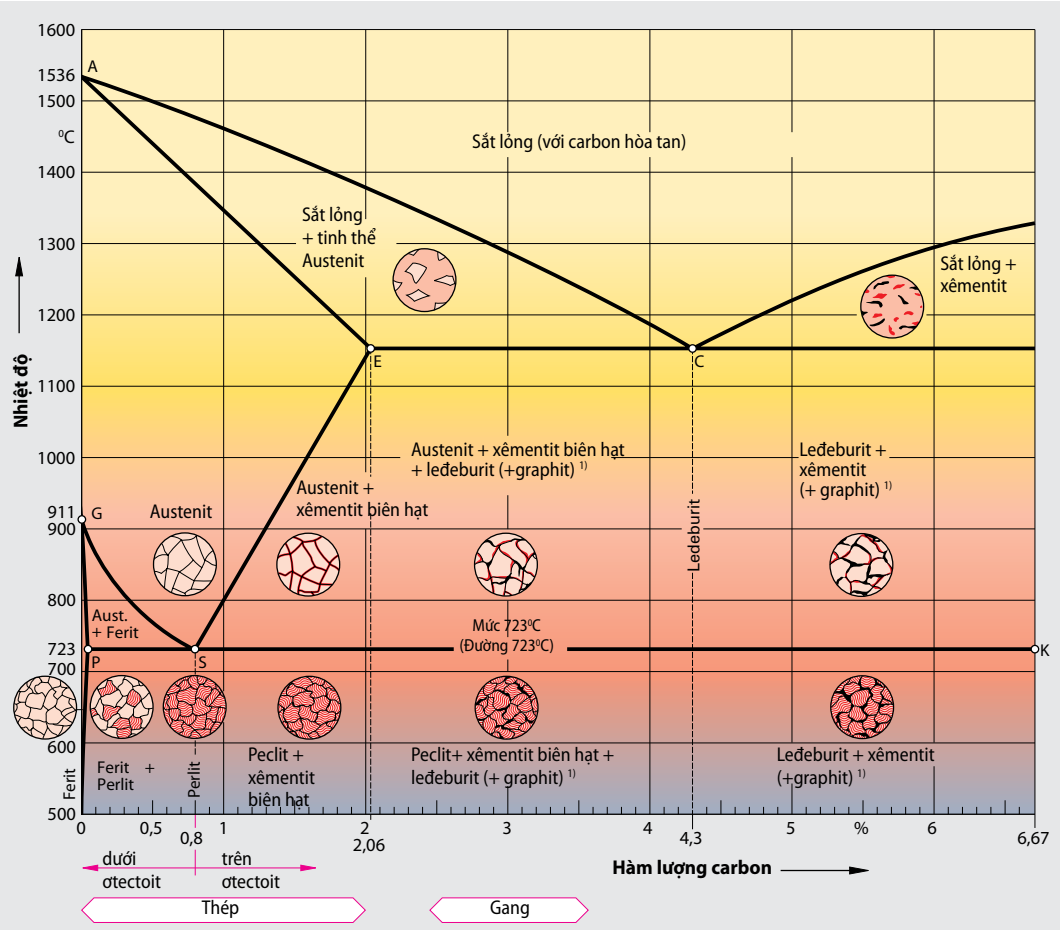
4.8.2 Giản đồ trạng thái của hợp kim sắt-carbon

Ở nhiệt độ từ 20°C (trong phòng) cho đến 723°C, vật liệu sắt có cấu trúc khác nhau tùy theo hàm lượng carbon (Hình 1, trang 277). Nếu được nung nóng hơn 723°C sẽ xuất hiện thêm các cấu trúc khác nữa. **Giản đồ trạng thái của hợp kim sắt-carbon** (**Hình 1**) trình bày tổng quan về loại cấu trúc loại nào mà vật liệu sắt có thể có với một thành phần carbon nhất định ở một nhiệt độ nhất định .

Những đường vẽ liên tục và đứt trong giản đồ phân cách những phạm vi cấu trúc. Do đó, thí dụ như đường vẽ P-S phân chia khu vực ferit-peclit với khu vực austenit-ferit hoặc đường vẽ G-S phân chia khu vực austenit-ferit với khu vực cấu trúc austenit. Những loại cấu trúc ở nhiệt độ đến 723°C trong giản đồ trạng thái của hợp kim sắt-carbon được ghi ở phần trên của trục carbon. **Thí dụ**: sắt với 0,5 % carbon có một cấu trúc ferit-peclit, sắt với 1,2 % carbon một cấu trúc peclit-xêmentit biên hạt. Cả hai khu vực cấu trúc có đường giới hạn của nhau ở 0,8 % carbon. Ở đó chỉ có đơn thuần cấu trúc peclit.

Khi vượt qua hay hạ thấp hơn đường biên (ranh giới) của cấu trúc, cấu trúc sẽ biến đổi.

Thí dụ: Lúc làm nguội một thép lỏng với 0,8 % carbon, chất lỏng từ nhiệt độ 1480°C bắt đầu cấu tạo tinh thể austenit. Toàn bộ vật liệu sẽ đông đặc dưới 1380°C và bao gồm tinh thể austenit. Khi làm nguội tiếp tục, cấu trúc austenit biến thể thành cấu trúc peclit ở 723°C.



Hình 1: **Biểu đồ trạng thái của hợp kim sắt - carbon** (với các khu vực cấu trúc của vật liệu sắt có hàm lượng carbon)

[1] Trong các loại sắt với hàm lượng carbon trên 2,06 % (gang sắt đúc) và thêm vào thành phần Si, một phần của carbon tách ra dưới dạng graphit (Hình 1).

4.8.3 Cấu trúc và mạng tinh thể lúc nung nóng

Giản đồ trạng thái của hợp kim sắt-carbon có ý nghĩa đặc biệt đối với thép (**Hình 1**).

Hàm lượng carbon của chúng đạt đến khoảng 2 %, nhiệt độ dùng cho nhiệt luyện đến khoảng 1100°C.

Những loại thép được gia công nhiệt luyện để cải thiện những tính chất nhất định. Trong giai đoạn này, rất nhiều sự thay đổi khác nhau xuất hiện bên trong vật liệu.

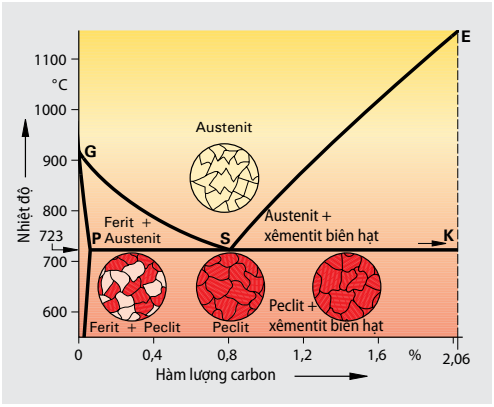
Nếu nung sắt có carbon (thép) lên trên 723°C, nó sẽ biến đổi cấu trúc. Nguyên nhân của sự thay đổi cấu trúc này là sự thay đổi của mạng tinh thể (**Hình 2**). Khi nung lên 723°C, mạng tinh thể lập phương tâm khối (krz) của tinh thể ferit lật sang dạng lập phương tâm mặt (kfz) của mạng austenit. Nơi trống đi ở tâm khối của mạng kfz được một nguyên tử carbon của sọc xêmentit chiếm chỗ. Tinh thể hỗn hợp mới hình thành. Tinh thể mới này được gọi là **austenit** hay **sắt gama** (Fe_γ). Austenit kết thành hạt tinh thể nhiều góc, có tính dai cũng như dễ gia công biến dạng và trái với ferit, không từ hóa được.

Loại **thép với 0,8 % carbon** (cấu trúc peclit) xuất hiện sự biến đổi tinh thể này toàn diện ở 723°C (Điểm S trong hình 1).

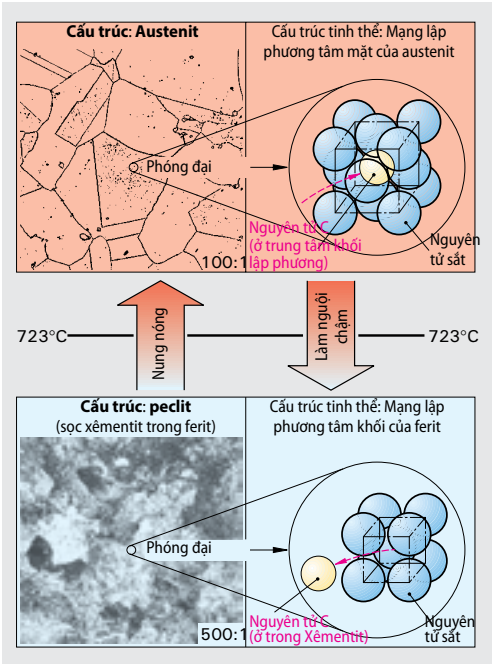
Những loại **thép với hàm lượng carbon dưới 0,8 %** thành phần peclit của cấu trúc ferit-peclit biến đổi sang austenit ở 723°C. Thành phần ferit còn lại chuyển dần sang austenit giữa đường P-S và đường G-S. Phía trên đường G-S, toàn bộ cấu trúc biến đổi sang austenit.

Trong **thép có hơn 0,8 % carbon,** phần peclit của cấu trúc peclit-xêmentit biến đổi mạng tinh thể lúc vượt qua đường S-K thành austenit. Phần xêmentit biên hạt hòa tan dần dần với sự gia tăng nhiệt độ ở vùng nhiệt độ giữa đường S-K và S-E. Trên đường S-E sẽ chỉ có cấu trúc austenit.

Những biến chuyển của thép mô tả trong quá trình nung nóng sẽ chuyển ngược lại nếu **làm nguội chậm**. Cấu trúc austenit biến đổi trở lại peclit ở nhiệt độ 723°C, mạng austenit với mạng lập phương tâm mặt (kfz) lật trở về lập phương tâm khối (krz) của ferit.



Hình 1: Những góc của thép trong biểu đồ trạng thái Fe-C



Hình 2: Sự thay đổi mạng và cấu trúc của một loại sắt với 0,8 % carbon ở 723°C

Ôn tập và đào sâu

1 Sắt với hàm lượng 0,8 % carbon có cấu trúc nào trên và dưới 723°C?

2 Gang sắt đúc chứa những thành phần cấu trúc nào?

3 Người ta có thể đọc được gì từ giản đồ trạng thái hợp kim sắt-carbon?

4 Người ta sẽ đọc được những thành phần cấu trúc nào của loại thép có hàm lượng carbon 0,4 % từ giản đồ Fe-C?

5 Cấu trúc của thép với hàm lượng 1% carbon sẽ biến đổi như thế nào khi nung từ 20°C đến 1000°C?

Tổng quan về các loại nhiệt luyện

Người ta gọi nhiệt luyện để chỉ tác dụng nhiệt gây thay đổi vĩnh viễn cấu trúc và đặc tính. Người ta phân biệt các phương pháp nhiệt luyện sau:

Nung	Tôi (trui)	Ủ hóa tốt (Ủ cải thiện)	Tôi lớp da ngoài	Tôi thấm carbon	Thấm nitơ	Thấm cacbua nitơ

4.8.4 Nung

Nung là một phương pháp nhiệt luyện, gồm các giai đoạn nung nóng chậm, giữ cố định nhiệt độ nung và làm nguội chậm.

■ **Các phương pháp nung**. Các phương pháp nung khác nhau ở nhiệt độ và thời gian nung (**Hình 1**).

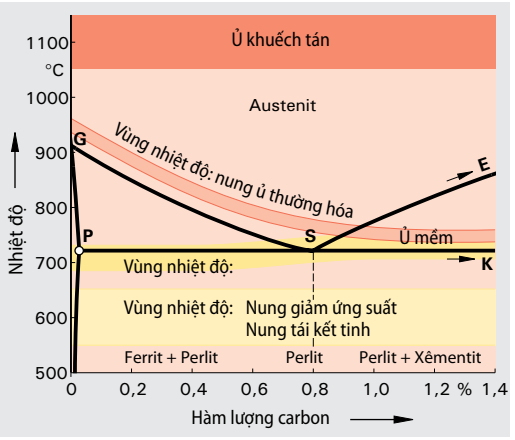
• Qua **nung giảm ứng suất** tất cả dạng ứng suất do chảy dẻo trong chi tiết sẽ giảm đi. Các ứng suất trong *(ứng suất nội thể)* có thể do đúc, cán, rèn hay hàn phát sinh ra. Người ta nung các chi tiết ở 550^{0}C đến 650^{0}C trong 1 đến 2 giờ (Hình 1).

• **Nung tái kết tinh** (ủ trung gian) được ứng dụng đưa cấu trúc bị biến thể do biến dạng nguội trở về cấu trúc chưa biến thể. Một cấu trúc hoàn toàn mới được hình thành qua tác động nung nhiều giờ ở nhiệt độ 550^{0}C đến 650^{0}C (**Hình 2**).

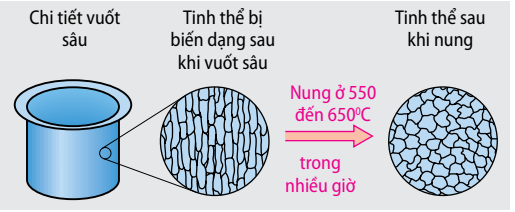
• Khi **nung mềm** (**ủ mềm**), tùy theo hàm lượng carbon của thép, người ta nung nóng lên 680^{0}C đến 750^{0}C và giữ cố định nhiệt độ trong nhiều giờ. Cũng có thể đạt tác dụng như thế bằng phương pháp nung thay đổi nhiệt độ, nghĩa là với nhiều lần thay đổi nhiệt độ vượt qua đường PSK (Hình 1). Qua nung mềm xêmentit sọc biến đổi thành xementit hạt (**Hình 3**). Nhờ thế mà vật liệu dễ biến dạng và dễ cắt gọt.

• **Nung ủ thường hóa** được ứng dụng khi cần phải loại bỏ cấu trúc không đồng đều hay có hạt to. Việc này đạt được với cách nung với thời gian ngắn ở nhiệt độ nằm gần trên đường GSK (Hình 1). Điều này đưa đến sự cấu tạo hạt hoàn toàn mới. Qua đó hình thành một cấu trúc hạt mịn và đồng đều (**Hình 4**). Quá trình này cũng được gọi là **làm mịn lại** (**Hồi tinh thể**).

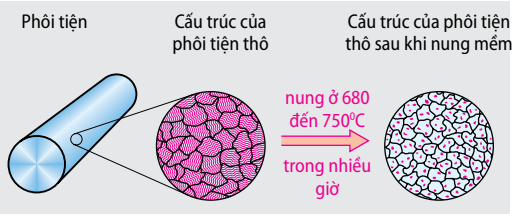
• Người ta hiểu nghĩa thuật ngữ **ủ khuếch tán** là một cách nung thời gian dài ở nhiệt độ 1050^{0}C đến 1250^{0}C. Mục đích là để cân bằng hàm lượng khác biệt trong chi tiết, phát sinh qua quá trình đúc (sự chia tách hay thiên tích).



Hình 1: Nhiệt độ nung thép carbon, vẽ vào biểu đồ trạng thái Fe-C



Hình 2: Nung tái kết tinh



Hình 3: Ủ mềm

Hình 4: Nung ủ thường hóa (làm mịn lại)

■ **Lỗi nung**. Không giữ cố định nhiệt độ và thời gian nung sẽ không đưa đến sự thay đổi cấu trúc như mong muốn. Khi nung với thời gian quá dài và nhiệt độ vượt quá mức, vật liệu sẽ bị hư hại hay bị phá hủy.

4.8.5 Tôi (trui)

Phương pháp tôi bao gồm nhiều giai đoạn gia công (**Hình 1**). Đầu tiên chi tiết được **nung nóng** lên nhiệt độ tôi và tiếp theo là giữ cố định nhiệt độ này. Rồi chi tiết được **làm nguội đột ngột**, tức là nhúng vào nước hay dầu. Nhờ đó mà thép rất cứng, nhưng cũng giòn và dễ gãy. Vì thế chi tiết tiếp tục được **ram**, nghĩa là nung lên nhiệt độ ram, tiếp theo đó chi tiết được để giảm nhiệt trong không khí. Chất thép sẽ có độ cứng cần dùng.

Tôi là một phương pháp nhiệt luyện làm cho thép cứng và có độ bền chống hao mòn.

Trước tiên dụng cụ và cấu kiện chịu mài mòn được tôi (**Hình 2**).

■ Quá trình diễn tiến bên trong lúc tôi

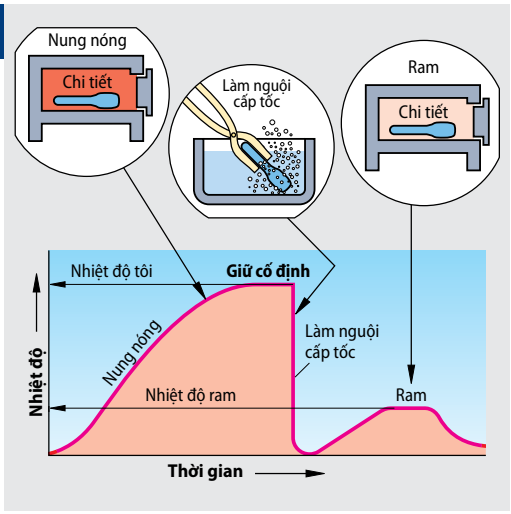
• Lúc **nung nóng** thép vượt qua nhiệt độ của đường GSK trong biểu đồ trạng thái Fe-C tinh thể biến đổi từ lập phương tâm khối của mạng ferit sang lập phương tâm mặt của mạng austenit (Hình 2, trang 279). Chỗ trống (được giải phóng) ở tâm khối của tinh thể được một nguyên tử carbon có nguồn gốc từ thành phần cấu trúc xêmentit (Fe_3C) chiếm lấy. Sự biến đổi này có thể thấy được trong ảnh mài (ảnh chụp cấu trúc tế vi).

• **Làm nguội chậm**. Khi làm nguội chậm thép austenit, sự biến đổi sẽ đảo ngược. Mạng tinh thể lập phương tâm khối sẽ xuất hiện trở lại (Hình 2, trang 279). Nguyên tử carbon rút đi (khuếch tán) ra khỏi tâm khối lập phương và kết nối với nguyên tử sắt thành xêmentit (Fe_3C), tự tách rời dưới dạng sọc. Cấu trúc peclit hình thành giống như trước khi nung.

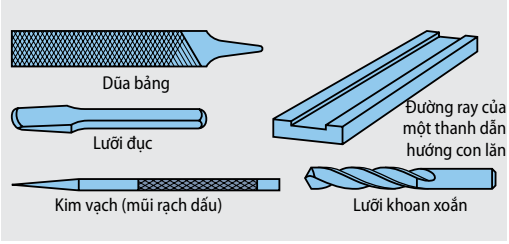
• **Làm nguội cấp tốc** (Nhúng làm nguội). Nếu thép austenit được làm nguội thật nhanh, mạng austenit lập phương tâm mặt sẽ lật chuyển đột ngột thành mạng ferit lập phương tâm khối khi nhiệt độ xuống thấp hơn đường GSK (**Hình 3**). Nguyên tử carbon ở giữa khối không có thì giờ rút ra khỏi mạng. Ở giữa mạng có cùng lúc một nguyên tử carbon và có thêm một nguyên tử sắt. Vì thế mạng tinh thể bị bóp méo rất mạnh. Một cấu trúc được dưới dạng những hình kim mịn, được gọi là **mactensit**. Cấu trúc này rất cứng nhưng giòn.

Mactensit chỉ được hình thành khi chi tiết được làm nguội đủ nhanh (với một tốc độ làm nguội tối thiểu) và khi thép có đủ hàm lượng carbon.

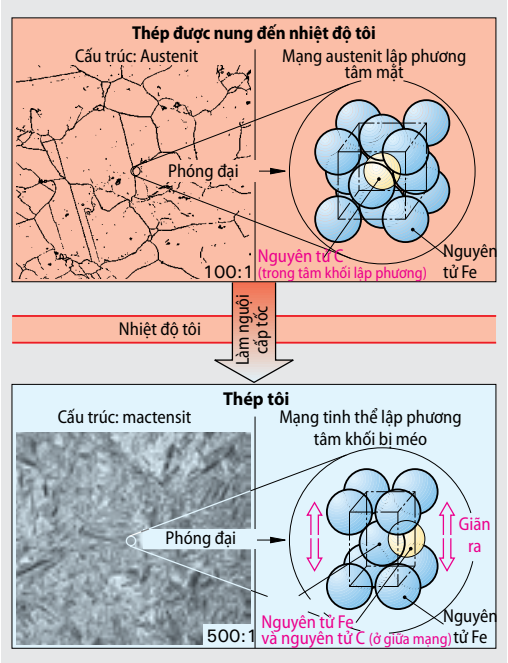
Chỉ những loại thép có trên 0,2 % carbon mới thích hợp cho nhiệt luyện tôi.



Hình 1: Quá trình diễn tiến nhiệt độ trong phương pháp tôi



Hình 2: Chi tiết gia công đã tôi



Hình 3: Biến đổi cấu trúc lúc làm nguội cấp tốc

■ Nung nóng và giữ cố định nhiệt độ tôi

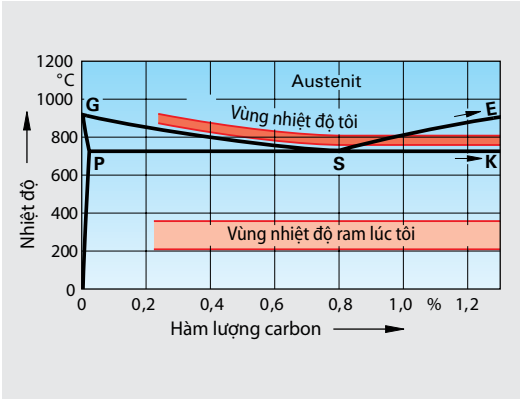
Chi tiết được đưa vào một lò tôi đã nung nóng lên nhiệt độ tôi trên toàn tiết diện (nung thấu) và nhiệt độ tôi được giữ vững trong một thời gian nhất định.

Ở những loại **thép carbon** nhiệt độ tôi phụ thuộc vào hàm lượng carbon và có thể trình bày trong biểu đồ trạng thái của hợp kim sắt-carbon (**Hình 1**). Nhiệt độ này cần phải cao hơn đường GSK khoảng 40°C. Qua đó sự biến đổi tinh thể của cấu trúc ferit-peclit sẽ chắc chắn đạt được.

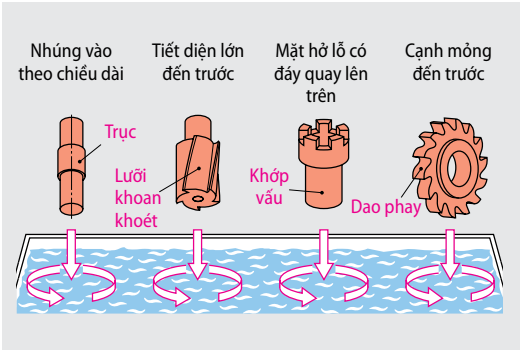
Nhiệt độ tôi quá thấp sẽ sinh ra những vùng vật liệu không cứng (đốm mềm). Nhiệt độ tôi quá cao làm cấu trúc tôi có dạng kim thô với độ giòn cao.

Thép carbon với hơn 0,8 % carbon được nung mềm trước khi tôi để có một cấu trúc nền ferit với hạt mịn xêmentit (Hình 3 trang 280). Khi tôi người ta đạt được cấu trúc nền mactensit mịn với những hạt xêmentit được xen vào.

Ở **thép hợp kim,** nhiệt độ tôi thường cao hơn ở thép carbon và thời gian giữ nhiệt độ cố định dài hơn. Hai điều này được ghi trong những trang tiêu chuẩn về vật liệu và có thể tìm ra ở đấy hoặc ở trong quy định nhiệt luyện của công ty sản xuất thép.



Hình 1: Nhiệt độ tôi và nhiệt độ ram của thép carbon trong biểu đồ trạng thái Fe-C



Hình 2: Nhúng đúng cách khi làm nguội cấp tốc

■ Làm nguội cấp tốc (Nhúng làm nguội)

Làm nguội nhanh cho chi tiết đã được nung nóng đến nhiệt độ tôi sẽ đạt được bằng cách nhúng vào nước hay dầu nhũ (dầu emulsi) hoặc thổi khí. Lúc làm nguội cấp tốc, tư thế của chi tiết lúc nhúng vào và chuyển động trong chất lỏng làm nguội rất quan trọng, nhờ đó tránh được sự làm nguội không đồng đều dẫn đến méo mó (**Hình 2**). Phải đảm bảo rằng những bọt hơi phát sinh ở bề mặt chi tiết được giải thoát nhanh. Bọt bám chắc làm giảm tốc độ truyền nhiệt và ngăn việc làm nguội đồng đều cho chi tiết.

Chỉ dẫn thực hành khi làm nguội cấp tốc

- Chi tiết dạng thanh nhúng theo chiều dài
- Chi tiết với tiết diện lớn nhất được nhúng trước
- Chi tiết có lỗ cụt phải nhúng với miệng hở quay lên trên để cho bọt khí thoát được
- Chi tiết có bề mặt phẳng nên nhúng cạnh hẹp trước.

■ Ram

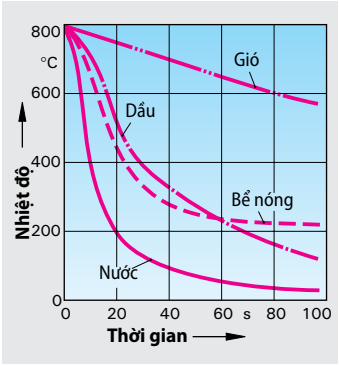
Sau khi làm nguội cấp tốc, thép rất cứng và giòn. Vì tinh thể cứng và giòn của mactensit khiến cấu trúc bị căng ở bên trong tinh thể, bị méo, có vết nứt lúc tôi và khi chịu tải có thể tác động đến gãy giòn. Để giảm thiểu sự hóa giòn này, chi tiết vừa được tôi sẽ được nung ở nhiệt độ ram, giữ cố định trong một thời gian và làm nguội từ từ. Thép carbon và thép hợp kim thấp được ram ở nhiệt độ 200°C đến 350°C (Hình 1), thép hợp kim cao từ 500°C đến 700°C. Bằng phương pháp ram, độ giòn của thép giảm xuống, độ cứng chỉ giảm không đáng kể nhưng thép chắc chắn có một độ dai.

Qua ram, trên bề mặt láng của chi tiết hình thành **màu ram**, nhờ đó người ta có thể sử dụng để ước đoán được nhiệt độ ram. Để màu ram hiện ra rõ ràng, chi tiết ram phải được mài bóng ở một chỗ.

■ Dung dịch nhúng làm nguội lúc tôi (chất tôi)

Tốc độ làm nguội có thể điều chỉnh được bằng ứng dụng những dung dịch nhúng làm nguội khác nhau (**Hình 1**).

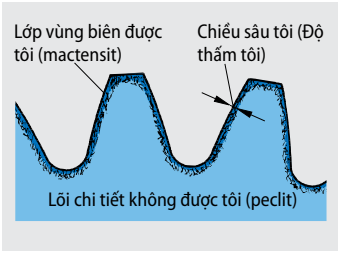
- **Nước** có tác động mạnh nhất. Làm nguội cấp kỳ với nước cho các loại thép carbon thí dụ C60U, vì chúng cần tác động làm nguội đột ngột (tốc độ làm nguội tối thiểu) để tôi.
- **Dầu** có khả năng làm nguội cấp tốc thấp hơn nước. Nguy cơ bị biến dạng và nứt giản đi đáng kể. Thép hợp kim thấp thí dụ như 50CrMo4 được làm nguội trong dầu.
- **Nhũ tương** (**Emulsi**) **nước–dầu** hoặc **nhũ tương nước-polyme** có tác dụng làm nguội nằm ở giữa nước và dầu.
- **Bồn nóng - bồn làm nguội cấp tốc** là muối nung chảy từ 200°C đến 500°C. Chi tiết được làm nguội cấp tốc trong bồn nóng, giữ trong đó từ 5 đến 15 phút và tiếp theo để nguội trong không khí.
- **Không khí di động** có hiệu quả làm nguội thấp nhất. Khí này được dùng để làm nguội cho thép hợp kim cao thí dụ HS6525.



Hình 1: Biểu đồ làm nguội

■ Bề dày lớp tôi

Khi làm nguội cấp tốc, nhiệt lượng ở lớp vùng biên (lớp da) của chi tiết được thoát ra nhanh hơn vùng bên trong. Vì thế, tốc độ làm nguội của lớp ngoài bìa (lớp biên) cao nhất và giảm đi theo chiều hướng tâm. Trong thép carbon vì tốc độ làm nguội khác nhau nên chỉ có tinh thể mactensit cấu thành ở lớp da (lớp vùng biên), bên trong của chi tiết phát sinh cấu trúc peclit (**Hình 2**).

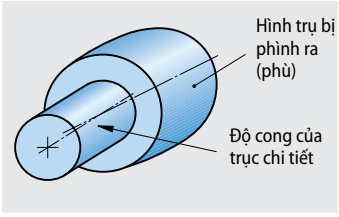


Hình 2: Tiết diện một bánh xe răng bằng thép carbon được tôi

Các loại thép carbon vì thế chỉ có một lớp tôi da cứng khoảng 5 mm, lõi bên trong của chi tiết không được tôi toàn bộ. Đối với một loạt ứng dụng, người ta mong muốn có một lớp tôi mỏng, thí dụ như bánh xe răng. Trong những trường hợp khác người ta cần có chi tiết được tôi suốt (tôi toàn bộ), thí dụ như ổ bi (ổ lăn). Phần lớn thép hợp kim có khả năng tôi cứng toàn bộ được.

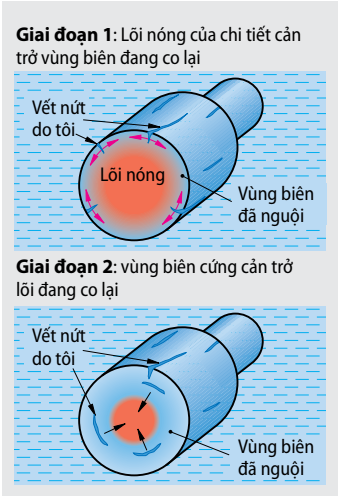
■ Biến dạng và nứt do tôi

Chi tiết tôi có sự thay đổi về kích thước và hình dạng được gọi là sự biến dạng tôi (**Hình 3**). Trong trường hợp làm nguội cao tốc thật nhanh thậm chí còn bị nứt.



Hình 3: Biến dạng do tôi

Biến dạng và nứt do tôi được hình thành trong hai giai đoạn (**Hình 4**): Khi nhúng vào chất làm nguội, vùng biên nguội thật nhanh và qua đó tự co rút lại (giai đoạn 1). Phần lõi còn giữ kích thước của lúc đầu và cản trở việc co rút của vùng biên. Điều này dẫn đến tác động căng, biến dạng và rạn nứt ở chung quanh chi tiết. Trong diễn biến tiếp tục, vùng lõi cũng nguội và muốn co lại (giai đoạn 2). Vào lúc này vùng lõi lại bị vùng biên cứng cản trở khiến phát sinh tác động căng, biến dạng và rạn nứt ở vùng giữa lõi và biên. Thêm vào đó, việc cấu tạo tinh thể thành mactensit gây thêm tác động căng vì mactensit có thể tích cao hơn ferit 1%.



Hình 4: Sự hình thành của biến dạng và nứt do tôi

Người ta đạt được tình trạng **ít biến dạng và không rạn nứt** bằng cách:

- Sử dụng một chất làm nguội chậm hơn.
- Tôi gián đoạn: Chi tiết được nhúng vào nước làm nguội cấp tốc thời gian ngắn, sau đó đem ra đưa vào bồn dầu làm nguội.
- Tôi theo cấp: Chi tiết được nhúng vào bể muối, thí dụ như tại 450°C và sau đó để nguội trong môi trường không khí.

■ Ảnh hưởng của nguyên tố hợp kim

Nhiều nguyên tố hợp kim thí dụ như crôm, vonfram, mangan và nickel giảm **tốc độ làm nguội** để tạo thành mactensit, nghĩa là có thể hình thành cấu trúc cứng với tốc độ làm nguội chậm. Vì thế, thép hợp kim không được làm nguội cấp tốc đột ngột với nước, mà chỉ nên nhúng trong dầu, trong nhũ tương hay trong bồn muối nóng. Với những loại thép có hàm lượng hợp kim cao, sự kết tinh mactensit xảy ra ngay cả khi làm nguội trong không khí.

Chất làm nguội trong quá trình tôi cho thép carbon và thép hợp kim thấp là nước hay dầu, cho thép hợp kim cao là dầu hay không khí.

■ Bước công nghệ gia công tôi của thép dụng cụ

Thép dụng cụ đạt được độ cứng, độ bền mài mòn và độ dai đủ nhờ nhiệt luyện đúng cách.

Những loại thép dụng cụ thường được nhà sản xuất giao hàng trong tình trạng được nung ủ mềm (Trang 270).

Việc xử lý nhiệt bao gồm nhiều bước gia công (**Hình 1**).

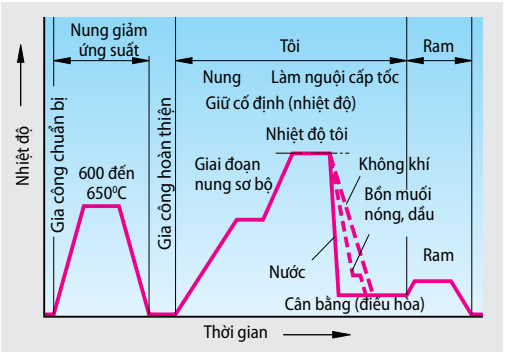
Sau giai đoạn gia công chuẩn bị (cưa, rèn, gia công thô v.v.), các chi tiết được **nung giảm ứng suất** ở 600°C đến 650°C. Tiếp theo là giai đoạn gia công kết thúc thí dụ tiện tinh, rồi kế tiếp là **nung nóng** lên nhiệt độ tôi, vượt qua một hay nhiều bậc nung sơ bộ, để đảm bảo toàn tiết diện được nung nóng. Sau đó mới nung nhanh lên nhiệt độ tôi và giữ cố định ở nhiệt độ này cho đến khi toàn bộ biến thành tinh thể austenit.

Tùy loại thép, việc **làm nguội cấp tốc** được thực hiện trong nước, trong dầu, trong bồn muối nóng hay trong không khí. Khi những chi tiết được làm nguội đến 80°C thì chúng được đưa trực tiếp vào lò với 100°C đến 150°C để cân bằng nhiệt độ.

Sau khi làm nguội và cân bằng nhiệt độ phải **ram** ngay để tránh nứt do ảnh hưởng ứng suất. Nhiệt độ ram cho các loại thép có liên quan, lấy từ biểu đồ ram và thực hiện độ cứng theo mong muốn (**Hình 2**).

Những chương trình nhiệt luyện được các nhà sản xuất thép cung cấp trong **tờ vật liệu**.

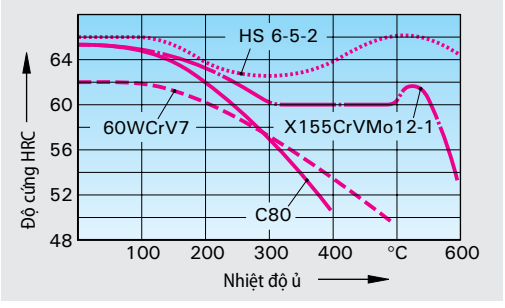
Sau khi tôi, thép cứng đến độ chỉ còn có thể gia công được bằng phương pháp mài. Vì thế, chi tiết phải có một lượng dư gia công để có thể mài bỏ phần thay đổi hình dáng do biến dạng khi tôi.



Hình 1: Biểu đồ hệ quả của nhiệt độ-thời gian cho việc xử lý nhiệt thép dụng cụ

Bảng 1: Nhiệt độ xử lý nhiệt (°C)

Thép	Nung mềm	Tôi	Chất làm nguội
C80 W1	680...710	780...820	nước
60WCrV7	710...750	870...900	dầu
X155CrVMo12-1	780...820	1020...1050	dầu/không khí
HS6-5-2	770...840	1190...1230	không khí/dầu



Hình 2: Biểu đồ ram của những loại thép khác nhau

Ôn tập và đào sâu

1 Có bao nhiêu loại phương pháp nung?
2 Người ta loại trừ cấu trúc hạt thô như thế nào?
3 Tôi bao gồm những quá trình gia công nào?
4 Cấu trúc tinh thể nào được thành hình sau khi làm nguội cấp tốc?
5 Thép carbon có nhiệt độ tôi nào?
6 Những chất làm nguội nào được sử dụng?
7 Sự biến dạng tôi trong chi tiết tiện hình thành như thế nào?

4.8.6 Nhiệt luyện (hóa tốt, nâng phẩm)

Những cấu kiện chịu những tải trọng dạng va đập cần có độ bền cao và đồng thời độ dai lớn. Những đặc tính này người ta đạt được bằng thép nhiệt luyện phù hợp qua cách xử lý nhiệt bao gồm tôi và kế đó ủ (ram) với nhiệt độ giữa 500°C và 700°C. Phương pháp xử lý nhiệt này được gọi là **nhiệt luyện**. Những chi tiết máy được nhiệt luyện, thí dụ như trục truyền động, trục khuỷu, vít, đòn bẩy, bu lông, cơ cấu thanh (cơ cấu đòn bẩy) (**Hình 1**).

Qua nhiệt luyện, người ta sẽ có được những cấu kiện với độ bền cao và độ dai lớn.

Nhiệt độ ram của phương pháp nhiệt luyện ở mức 500°C đến 700°C cao hơn hẳn so với nhiệt độ ram của phương pháp tôi (**Hình 2**).

Thép carbon hay thép hợp kim được sử dụng cho nhiệt luyện. Thép nhiệt luyện carbon có hàm lượng từ 0,2 % đến 0,6 % carbon, thép hợp kim nhiệt luyện có thêm hàm lượng thấp của crôm, molybđen, nickel hoặc mangan.

Các loại thép nhiệt luyện thường được sử dụng là: C45E, 28Mn6, 42CrMo4. Sau khi được nhiệt luyện các loại thép cácbon có độ bền đến 1000 N/mm², các loại thép hợp kim đến 1400 N/mm².

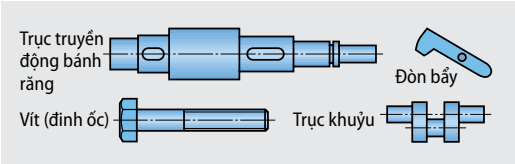
■ Biểu đồ nhiệt luyện

Sau khi tôi thép sẽ rất cứng và có độ bền cao, nhưng lại giòn và dễ gãy. Qua phương pháp ram nối tiếp độ cứng, độ bền kéo và giới hạn đàn hồi bị giảm bớt. Độ dai và độ giãn ở điểm gãy (độ bền đứt) tăng lên. Những đặc tính cơ học một loại thép đạt được qua nhiệt luyện có thể đọc trong biểu đồ nhiệt luyện của nó (**Hình 3**).

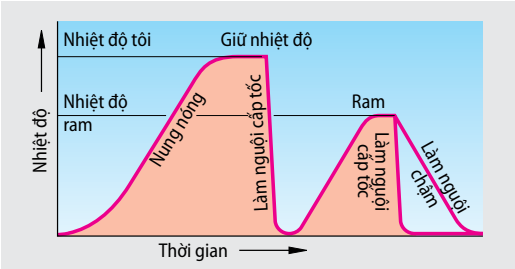
Thí dụ: Khi ram ở 550°C thép nhiệt luyện **C45E** đạt những cơ tính riêng như sau: độ bền kéo R_m = 730 N/mm², giới hạn đàn hồi *Re* = 390 N/mm², độ bền đứt *A* = 16%.

■ Diễn biến bên trong cấu trúc lúc nhiệt luyện

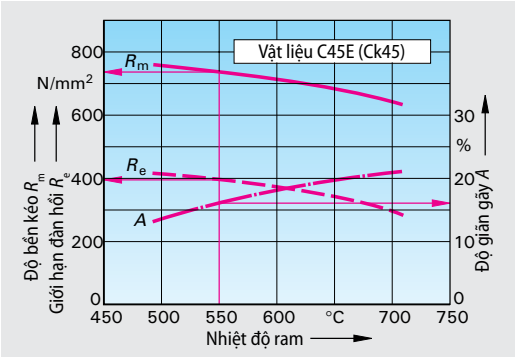
Sau khi làm nguội cấp tốc, cấu trúc tinh thể có sẵn mactensit hình kim (**Hình 4**), một cấu trúc cứng giòn ①. Khi ram ở 400°C, một phần mactensit phân hóa ra ferit được phân bố đồng đều và kim xêmentit (xêmentit dạng kim), tự thải ra (tách ra) trong phần mactensit còn lại ②. Việc nâng nhiệt độ ủ cao dần lên làm tiến triển sự phân hóa của mactensit. Với nhiệt luyện ở 550°C, mactensit phân hóa toàn bộ thành ferit và kim xêmentit ③. Cuối cùng ram ở 700°C, toàn bộ kim xêmentit bị vo lại thành hạt xêmentit ④.



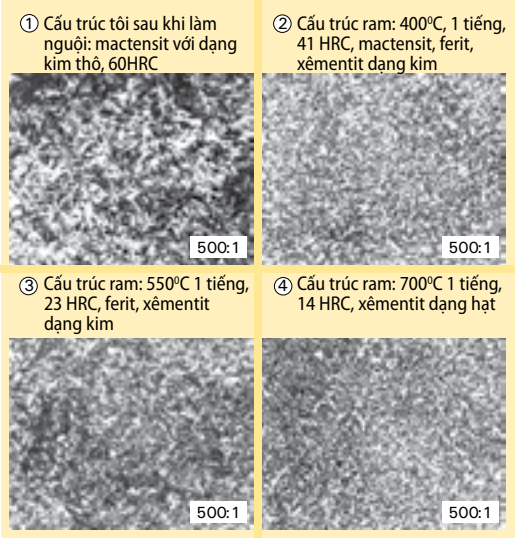
Hình 1: **Cấu kiện được nhiệt luyện**



Hình 2: Diễn biến của nhiệt độ lúc nhiệt luyện



Hình 3: Biểu đồ nhiệt luyện của thép C45E



Hình 4: **Cấu trúc sau khi tôi và ram**

■ Nhiệt luyện cho thép tôi cải thiện (tôi hóa tốt)

Những phương pháp nhiệt luyện cho thép tôi cải thiện là **xử lý nung** và **nâng phẩm** (tôi cải thiện). Nhiệt độ của những cách xử lý nhiệt khác nhau có thể trích từ bảng (**Bảng 1**).

Cách **xử lý nung** được chọn tùy theo nhu cầu. Nung mềm để xêmentit sọc biến thành xêmentit hạt mịn; nung ủ thường hóa để có được cấu trúc đều và mịn.

Nhiệt luyện **nâng phẩm** (cải thiện, hóa tốt) là xử lý nhiệt chuẩn cho thép nhiệt luyện. Mục đích là có được một chi tiết với độ bền và giới hạn đàn hồi cao cũng như có độ dai lớn (độ bền đứt cao).

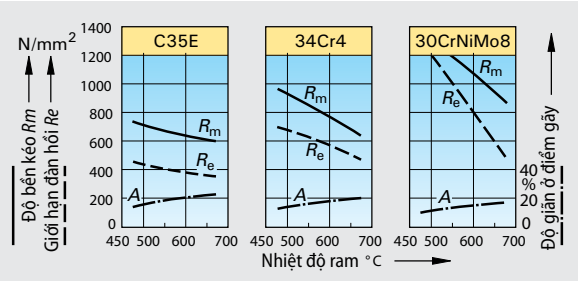
Tùy theo độ cao của nhiệt độ ủ (ram) có thể ủ để có được độ bền kéo cao hay là độ dai lớn. Vì thế người ta phân biệt thép **nhiệt luyện cứng** và thép **nhiệt luyện dai**.

Nhiệt độ cần thiết khi ram thép nhiệt luyện để đạt được sự tương quan mong muốn giữa độ bền kéo và độ giãn đứt gãy có thể đọc ra từ các biểu đồ nhiệt luyện được các nhà sản xuất chuẩn bị sẵn để sử dụng (**Hình 1**).

Bảng 1: Nhiệt độ nhiệt luyện của vài loại thép nhiệt luyện bằng °C

Thép	Nung mềm	Nung ủ thường hóa	Nhiệt luyện	
			Tôi [1]	Ram
C35E	650...700	860...900	840...880	550...600
34Cr4	680...720	850...890	830...870	540...680
34CrMo4	680...720	850...890	830...870	540...680

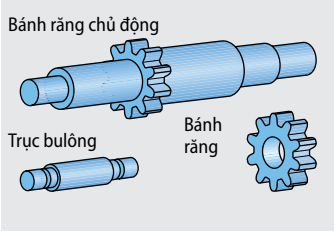
[1] Nhiệt độ thấp để cho tôi trong nước, nhiệt độ cao để tôi trong dầu



Hình 1: Biểu đồ nhiệt luyện của các loại thép

4.8.7 Tôi ở vùng biên (tôi da cứng)

Tôi vùng biên của một chi tiết được ứng dụng khi chi tiết cần một vùng biên cứng chống mài mòn nhưng trong vùng lõi cần có độ bền kéo cao và dẻo. Điều này cần thiết cho những chi tiết mà bề mặt của nó phải chịu ứng suất hao mòn và va đập cơ học đổi chiều mạnh, thí dụ như các loại trục, bu lông, bánh xe răng và băng trượt (**Hình 2**). Có nhiều phương pháp để tôi vùng biên.



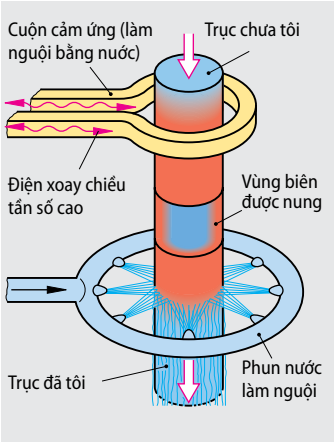
Hình 2: Cơ phận được tôi cứng ngoài và lõi dai

■ Tôi da cứng (Tôi vùng biên)

Tôi da cứng là phương pháp tôi mà ở đó một lớp mỏng ở vùng ngoài của chi tiết bằng thép có tính tôi được nung thật nhanh qua việc dẫn nhiệt mạnh vào và làm nguội tức khắc.

Vì thời gian nung ngắn, vùng nằm sâu hơn của chi tiết chưa được nung nóng đến nhiệt độ tôi, do đó mà vùng này còn nguyên chưa tôi. Tôi vùng biên phù hợp cho thép carbon và thép hợp kim đặc biệt thí dụ như C45E (Ck 45) hoặc 42CrMo4. Việc nung nóng cho vùng biên được thực hiện với nhiều phương pháp khác nhau.

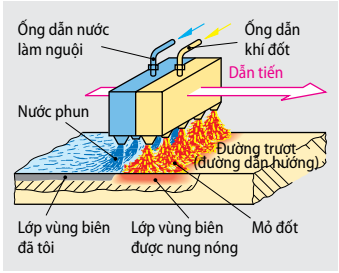
Nhiệt dùng cho **tôi cảm ứng** (tôi cao tần) vùng biên của chi tiết được tạo ra từ những dòng điện xoáy cao tần. Những dòng điện xoáy được tạo ra từ cuộn cảm ứng, nơi dòng điện xoay chiều cao tần đi qua (**Hình 3**). Chi tiết được đẩy xuyên qua cuộn cảm ứng với tốc độ không đổi, được nung nóng đến nhiệt độ tôi chỉ ở lớp ngoài vùng biên và được làm nguội cấp tốc bằng một hệ thống phun nước. Chiều sâu của lớp nung được xác định qua sự điều chỉnh tốc độ xuyên qua cuộn cảm ứng cùng với tần số cảm ứng. Phương pháp tôi cảm ứng đặc biệt phù hợp cho các cấu kiện quay đối xứng.



Hình 3: Tôi cảm ứng (tôi cao tần)

Tôi bằng la de (laser) được ứng dụng để tôi vùng biên ở một phạm vi nhỏ của cấu kiện thí dụ như cam và ngõng trục (cổ bợ trục) của một trục. Một tia la de nung vùng này lên nhiệt độ tôi, tiếp theo đó được giàn phun nước làm nguội cao tốc.

Tôi bằng ngọn lửa là nung thật nhanh lớp vùng biên bằng lửa cháy mạnh lên nhiệt độ tôi và làm nguội cấp kỳ bằng phun nước (**Hình 1**). Lửa nung và vòi phun nước xếp đặt kề nhau được điều khiển vượt qua chi tiết với vận tốc chậm. Chiều sâu của vùng biên tôi được định bằng vận tốc bước dẫn tiến của mỏ đốt. Hình dạng của mỏ đốt và vòi phun nước được làm cho thích hợp với chi tiết.



Hình 1: Tôi bằng lửa một đường dẫn hướng (đường trượt)

■ Tôi thấm carbon

Carbon được đưa vào lớp vùng biên của một loại thép có hàm lượng carbon thấp (thấm carbon) và tiếp theo đó được tôi (**Hình 2**). Do đó người ta sẽ có được một chi tiết với lớp vùng biên được tôi có nhiều carbon và vùng lõi nghèo chất than, không tôi và dẻo.

Thấm carbon (Thấm than)

Các loại thép từ 0,1% đến 0,2% carbon, thí dụ như thép C10E, được dùng để tôi thấm carbon. Những loại thép này thật sự không thể tôi được vì hàm lượng carbon thấp. Sự nâng cao hàm lượng carbon, được gọi là **thấm carbon,** là kết quả của việc nung chi tiết trong chất cung cấp carbon qua nhiều giờ ở nhiệt độ từ 880^{0}C đến 980^{0}C. Chất carbon xâm nhập vào lớp bìa của chi tiết do đó lớp bìa có thể tôi được. Hàm lượng carbon ở lớp vùng biên phụ thuộc vào chất ứng dụng còn chiều sâu của lớp thấm carbon phụ thuộc vào nhiệt độ và thời gian xử lý. Chất ứng dụng là chất ở thể rắn, lỏng hay khí.

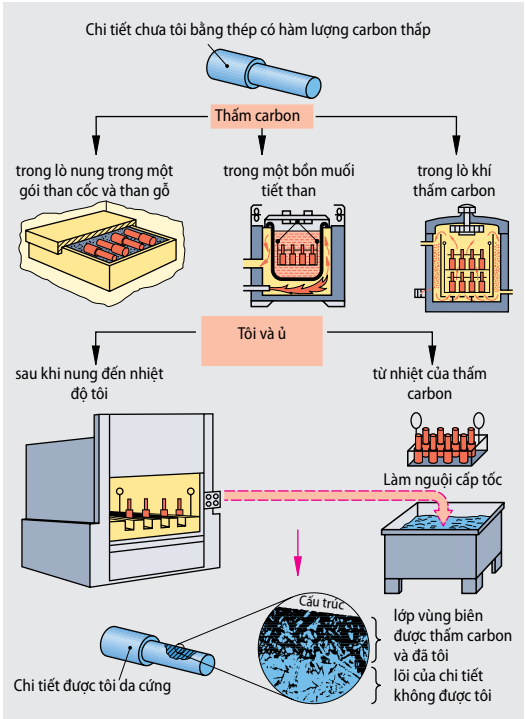
Thấm carbon bằng chất thấm rắn (thấm carbon bằng bột) được thực hiện bằng cách bọc chi tiết trong một hộp chứa đầy than cốc và than gỗ nghiền nhỏ rồi đưa vào lò nung (Hình 2). Ở nhiệt độ nung, than nghiền và không khí phản ứng thành khí CO và CO_2, những khí này thâm nhập vào lớp vùng biên và cấu tạo với sắt của chi tiết thành cacbit sắt Fe_3C. Chiều sâu của lớp thấm carbon có thể đến 1mm.

Để **thấm carbon bằng chất thấm lỏng**, những chi tiết được ngâm vào trong bồn muối lỏng tiết than (xyanua) và giữ trong ấy (Hình 2). Muối xyanua nung lỏng rất độc. Làm việc phải theo quy định an toàn lao động cho việc xử lý chất độc của hiệp hội nghề. Chất thải của muối xyanua và nước rửa có chứa xyanua phải được loại bỏ theo đúng quy định.

Các chi tiết **thấm carbon bằng chất khí** được đưa vào một lò kín khí (Hình 2), trong ấy khí tiết than được thổi qua. Chất khí thấm carbon được dùng là nhiều loại hỗn hợp khí mà thành phần chính là carbon monoxit (CO) và hydro (H_2). Vì chất khí là chất độc và có thể nổ nên phải tuân thủ nghiêm ngặt biện pháp an toàn.

Tôi và ủ

Chi tiết thấm carbon chỉ có được những đặc tính sử dụng mong muốn sau khi tiếp tục tôi và ủ (Hình 2). Chỉ có lớp thấm carbon được tôi, phần lõi của chi tiết vẫn không được tôi và dẻo.



Hình 2: Trình tự gia công trong phương pháp tôi thấm carbon

■ Xử lý nhiệt các loại thép thấm carbon

Việc xử lý nhiệt cho các loại thép thấm carbon (hàm lượng carbon từ 0,1% đến 0,2%) bao gồm nhiều bước nhỏ (**Bảng 1**):

- Nung ủ thường hóa
- Thấm carbon
- Làm nguội cấp tốc và ủ

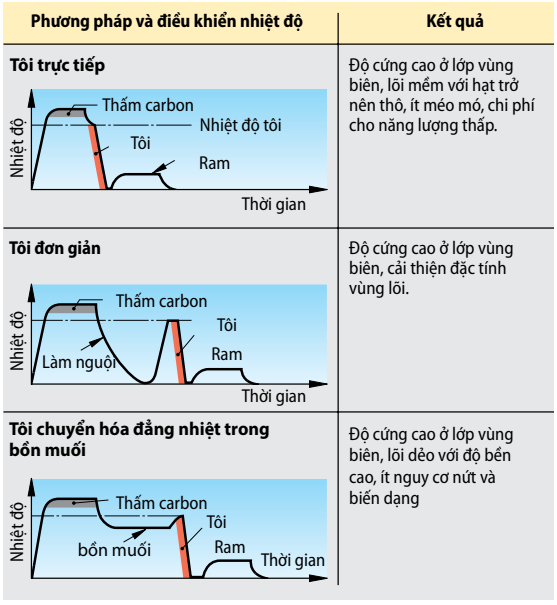
Qua thấm carbon, hàm lượng carbon ở lớp vùng biên của chi tiết được nâng lên từ 0,6% đến 0,8%, cho nên có thể tôi mactensit. Sau khi thấm carbon, lớp vùng biên có cấu trúc khác với vùng lõi. Điều này có thể đưa đến rạn nứt tại vùng chuyển tiếp cấu trúc. Để tránh nứt, người ta ứng dụng nhiều cách điều chỉnh nhiệt lúc tôi thấm carbon (**Hình 1**).

Ở trường hợp **tôi trực tiếp**, việc tôi thực hiện từ nhiệt lượng thấm carbon. Trước khi làm nguội cấp tốc nhiệt độ được giảm từ nhiệt độ thấm carbon xuống nhiệt độ tôi.

Trong trường hợp **tôi đơn giản,** sau khi thấm carbon, chi tiết được làm nguội đến nhiệt độ bình thường, tiếp theo đó được nung một lần nữa để tôi. Cách **tôi chuyển hóa đẳng nhiệt** được làm nguội trong bồn muối xuống 500°C đến 550°C và giữ ở mức này (Hình 1). Việc tôi tiếp theo đưa đến một độ cứng cao ở vùng biên và một sự nối kết rất tốt giữa vùng biên và lõi.

Bảng 1: Nhiệt độ xử lý nhiệt vài loại thép thấm carbon (°C)

Thép	Nung ủ thường hóa	Tôi thấm carbon		
		Thấm carbon	Làm nguội cấp tốc	Ủ ram
C15E	880...920	880 tới 980	880...920	150...200
17Cr3	900...1000		860...900	150...200
17CrNi6–6	900...1000		830...870	150...200



Hình 1: Các phương pháp tôi thấm carbon khác nhau

■ Tôi nitơ (thấm nitơ)

Trong phương pháp tôi nitơ, một lớp mỏng vùng biên của chi tiết bằng thép nitơ hóa được làm giàu với nitơ, do đó phát sinh một vùng biên rất cứng và có độ bền mài mòn.

Ở phương pháp thấm nitơ, việc tăng độ cứng không dựa vào vào cấu tạo mactensit mà là cấu tạo hợp chất nitơ (nitrua) cực kỳ cứng ở lớp vùng biên của chi tiết.

Việc làm giàu nitơ ở lớp vùng biên xảy ra bằng cách nung chi tiết trong bồn muối là nguồn cung cấp nitơ từ 560°C đến 580°C hoặc trong lò nitrua với dòng khí amoniac chảy qua ở 500°C đến 520°C. Chất nitơ thấm nhập vào lớp vùng biên kết hợp với sắt và nguyên tố hợp kim của thép thành các nitrua kim loại rất cứng. Chúng cung cấp cho lớp tôi nitơ độ cứng tối cao có thể đạt ở các loại thép (đến 1200 HV). Chiều sâu của lớp tôi thấm nitơ dày chưa tới 1/10 mm.

Ưu điểm của phương pháp tôi thấm nitơ

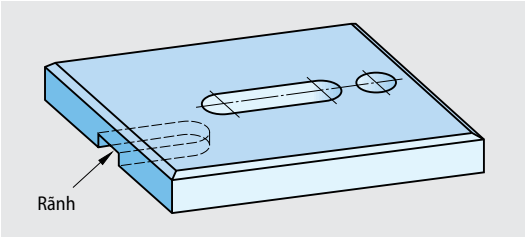
- Sau khi thấm nitơ không cần phải nung nóng, làm nguội cấp tốc và ram vì độ cứng phát sinh trực tiếp do sự thấm nitơ.
- Cấu kiện được tôi nitơ không bị méo mó vì chỉ được nung lên độ 500°C
- Độ cứng của lớp thấm nitơ được giữ lại đến nhiệt độ nung 500°C (độ bền nung ủ).
- Tôi nitơ tạo ra một lớp vùng biên cực kỳ cứng, qua đó có sức bền chống mài mòn và có tính trượt

Nhược điểm là sự nối kết yếu giữa lớp tôi nitơ và vật liệu gốc *(vật liệu nền)*, điều này có thể dẫn đến việc lớp tôi cứng bị bong ra khi chịu áp suất cao ở bề mặt. Tôi nitro được dùng cho trục đo, cam điều khiển, vít đùn, dụng cụ ép đúc liên tục.

4.8.8 Thí dụ sản xuất: xử lý nhiệt của đài kẹp

(Tiếp theo thí dụ sản xuất ở trang 200)

Đài kẹp (tấm kẹp) được mô tả trong thí dụ sản xuất, sau khi được gia công cắt gọt cần được nhiệt luyện để đạt đến độ bền kéo 700 N/mm^2 và tôi lớp vùng biên ở phạm vi của đường rãnh (**Hình 1**). Cấu kiện này nhờ đó có được độ bền cao cũng như độ cứng cao ở đáy rãnh. Chi tiết bằng loại thép C45E thích ứng cho nhiệt luyện và tôi bằng lửa nung.



Hình 1: Bệ kẹp

■ Nhiệt luyện

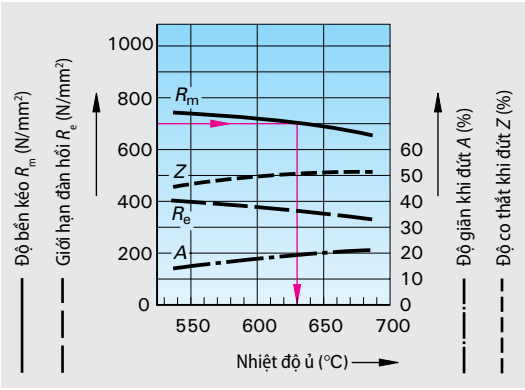
Điều kiện nhiệt luyện được lấy ra từ sách bảng tra cứu. Đó là:

Nhiệt độ tôi: 820... 860^{0}C và làm nguội cấp tốc bằng nước hay dầu

Nhiệt độ ủ: 550... 660^{0}C

Nhiệt độ tôi được chọn là 830^{0}C và làm nguội cấp tốc bằng dầu để tránh biến dạng méo mó nếu tôi được làm nguội đột ngột thật gắt bằng nước.

Từ biểu đồ nhiệt luyện của thép C45E người ta đọc được nhiệt độ ủ là 630^{0}C để đạt độ bền kéo 700 N/mm^2 (**Hình 2**). Việc nhiệt luyện được thực hiện với những nhiệt độ này bằng sự nung nóng lên nhiệt độ tôi trong lò tôi, làm nguội trong dầu và tiếp theo đó thực hiện ủ.



Hình 2: Biểu đồ nhiệt luyện của thép C45E

■ Tôi da cứng (tôi lớp ngoài)

Trong phạm vi rãnh của bệ kẹp, lớp vùng biên cần phải tôi để tiếp nhận áp lực bề mặt của vít ép (Hình 1, trang 200). Tra cứu từ trong sách bảng, ta có nhiệt độ tôi cho lớp vùng biên từ 820^{0}C đến 900^{0}C. Độ cứng tối thiểu 55 HRC.

Để thực hiện tôi lớp vùng biên, chi tiết được nung thật nhanh bằng mỏ hàn đèn xì ở phạm vi rãnh và khi đạt nhiệt độ tôi sẽ được nhúng làm nguội trong bồn nước ngay lập tức. Nhiệt độ tôi có thể xác định bằng màu nung ở mặt chi tiết vùng rãnh. Nhiệt độ này được xác định gần đúng bằng bảng màu nung.

Việc tôi vùng biên đúng cách cho đáy rãnh có thể kiểm tra lại bằng phương pháp đo độ cứng Rockwell (trang 295).

Ôn tập và đào sâu

1. Những đặc tính nào của chi tiết cần đạt được sau nhiệt luyện?
2. Nhiệt luyện gồm có những công đoạn nào và khác biệt với tôi qua đâu?
3. Có thể đọc được những gì trong biểu đồ nhiệt luyện của một loại thép?
4. Giới hạn đàn hồi của thép 34Cr4 sau khi nhiệt luyện với nhiệt độ ủ 550^{0}C?
5. Tôi lớp vùng biên được thực hiện như thế nào?
6. Trong phương pháp tôi thấm carbon, làm thế nào đạt được khả năng có thể tôi được (tính tôi) cho lớp vùng biên?
7. Có những phương pháp thấm carbon nào?
8. Có bao nhiêu phương pháp tôi thấm carbon cho thép thấm carbon?
9. Nitơ hóa là gì?
10. Những lớp nitơ có các đặc tính gì?
11. Hãy tìm trong sách bảng tra cứu những điều kiện tôi cho một búa thép C80U, nếu độ cứng ngoài vùng biên phải đạt ít nhất 60 HRC.

4.9 Kiểm tra vật liệu

Kiểm tra vật liệu gồm ba nhiệm vụ:

- **Xác định tính công nghệ** của vật liệu, thí dụ như độ bền, độ cứng và khả năng gia công. Nhờ đó người ta sẽ có được sự hướng dẫn cho việc sử dụng vật liệu.
- **Kiểm tra lại chi tiết đã hoàn tất** thí dụ vết nứt hay sai sót trong xử lý nhiệt. Nhờ đó ngăn ngừa được việc sử dụng phôi có khuyết tật và sẽ gây hư hại.
- **Xác định nguyên nhân tổn hại** nơi những chi tiết bị vỡ (**Hình 1**). Qua đó người ta sẽ lựa chọn vật liệu phù hợp hơn và tránh những tổn hại tương tự về sau.

Hình 1: Trục rỗng bị gãy và những nguyên nhân gãy có thể vì lý do vật liệu

4.9.1 Kiểm tra đặc tính gia công

Những phương pháp kiểm tra công nghệ sau đây làm nhiệm vụ xem xét tính năng của vật liệu hoặc bán thành phẩm cho một ứng dụng nhất định hoặc một phương pháp gia công (**Hình 2**):

Thử nghiệm uốn (kiểm tra uốn gập) dùng để kiểm tra khả năng biến dạng của vật liệu thanh và kiểm tra mối hàn. Mẫu thử được uốn cong trong một gá uốn cho đến khi vết nứt xuất hiện. Góc uốn khi vết nứt xuất hiện được đo và xem như là con số đo lường. Trường hợp không bị nứt, mẫu thử sẽ được uốn gập.

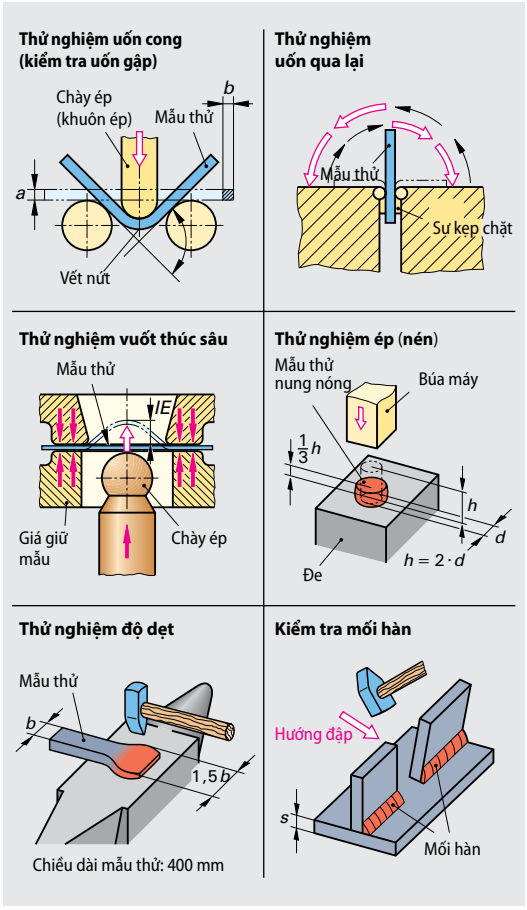
Thử nghiệm uốn qua lại dùng để kiểm tra khả năng uốn nhiều lần của thép lá và thép băng. Mẫu thử được uốn qua lại trong khung uốn cho đến khi có vết nứt. Số lượng của lần uốn được xem như là con số đo lường.

Thử nghiệm vuốt thúc sâu phương pháp Erichsen cung cấp chỉ số đánh giá (trị số tham khảo) cho khả năng vuốt thúc sâu của vật liệu lá. Độ sâu của vết ấn IE đến khi có vết nứt được dùng làm chỉ số.

Thử nghiệm nén (**rùn**) kiểm tra khả năng ép nóng của vật liệu cho đinh tán và vít. Chúng không được nứt khi ép đến 1/3 chiều cao ban đầu.

Thử nghiệm độ giãn kiểm tra sự thích ứng rèn (tính rèn) của thép. Một mẫu thử nghiệm phẳng nung đỏ được rèn tay bằng đầu búa đến khi nở rộng bằng 1,5 chiều ngang. Trong khi thử nghiệm không được phát ra vết nứt.

Kiểm tra đường hàn có nhiệm vụ đánh giá các mối hàn. Một mẫu thử mối hàn được kẹp trong bàn kẹp (ê tô) hay đập bằng búa cho đến khi gãy mối hàn. Cấu trúc tinh thể nơi gãy và có khi dùng cả khuyết tật hàn hiện có để đánh giá.



Hình 2: Phương pháp kiểm tra công nghệ

4.9.2 Kiểm tra cơ tính

Phương pháp kiểm tra với tải trọng va đập, nhanh hay đổi chiều được gọi là **kiểm tra động**, thí dụ như thử nghiệm uốn đập (mẫu) khía, kiểm tra độ bền mỏi và kiểm tra tải trọng vận hành của cấu kiện.

Khi tải trọng được nâng cao từ từ hay được duy trì cố định, người ta gọi là **kiểm tra tĩnh**. Những phương pháp này gồm có thử nghiệm kéo, thử nghiệm ép, thử nghiệm cắt và kiểm tra độ cứng.

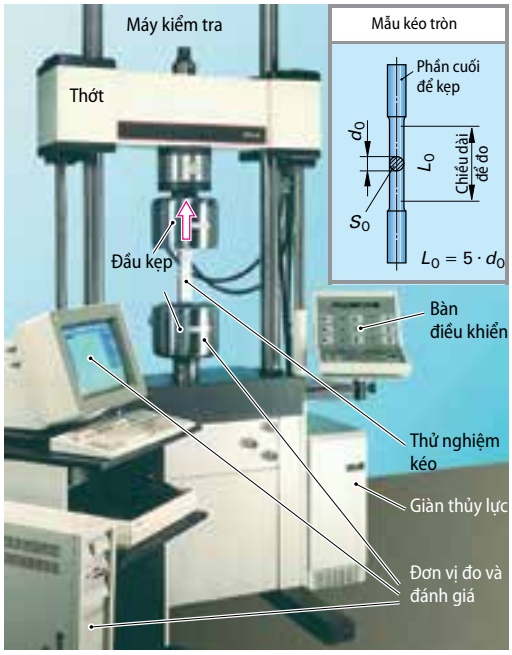
4.9.2.1 Thử nghiệm kéo

Thử nghiệm kéo dùng để xác định những chỉ số cơ học của một vật liệu qua ứng suất kéo. Thử nghiệm kéo được thực hiện với một mẫu kéo tròn hoặc phẳng (**Hình 1**, bên phải phần trên). Ở mẫu kéo tiết diện tròn, chiều dài đo ban đầu L_0 bằng 5 lần đường kính d_0.

■ Thực hiện thử nghiệm

Thử nghiệm kéo được thực hiện trên **máy kiểm tra đa năng** (Hình 1).

Mẫu kéo được kẹp ở hai đầu (kẹp) trong đầu kẹp dưới và đầu kẹp trên của máy kiểm tra. Tiếp theo đó vận hành máy: Chiếc thớt và đầu kẹp trên chạy từ từ lên trên và chất tải mẫu kéo với một lực kéo chậm và tăng liên tục. Với tác dụng của tải trọng, mẫu kéo tăng chiều dài (**Hình 2**, phần hình trên). Mẫu giãn dài ra cho đến lực kéo cao nhất mà không thấy rõ rệt sự thay đổi tiết diện. Tiếp theo đó mẫu kéo thắt lại ở khoảng giữa, giãn dài đáng kể ở đây và cuối cùng đứt gãy nơi này. Lực kéo giảm càng nhiều cùng với mẫu kéo thắt lại. Lực kéo bằng không khi mẫu đứt.



Hình 1: **Máy kiểm tra vạn năng**

■ Đánh giá thử nghiệm

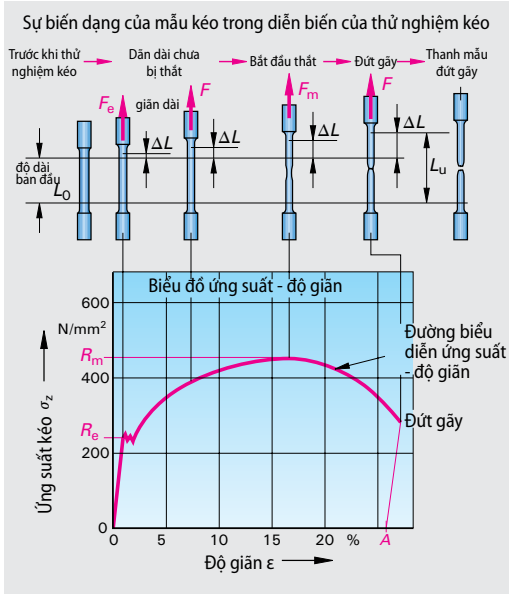
Trong lúc thử nghiệm kéo, lực kéo F và độ tăng chiều dài ΔL *được* một thiết bị đo liên tục. Trong đơn vị đánh giá của máy kiểm tra, **ứng suất** σ_z được tính từ lực kéo F và tiết diện của mẫu kéo S_0.

Độ giãn ε được tính bằng độ tăng chiều dài $\Delta L = L - L_0$.

Ứng suất kéo $\sigma_z = \frac{F}{S_0}$

Độ giãn $\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \cdot 100\% = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100\%$

Trên một màn hình, hai đại lượng σ_z và ε được mô tả bằng đường biểu diễn của biểu đồ ứng suất - độ giãn (**Hình 2**, phần hình dưới).



Hình 2: **Sự biến dạng của mẫu kéo và biểu đồ ứng suất-độ giãn của một loại thép với giới hạn đàn hồi rõ rệt (S235JR)**

■ Thông số đặc trưng cho vật liệu với giới hạn đàn hồi rõ rệt

Thép carbon thí dụ như S235JR (St 37-2) có đường biểu diễn ứng suất-độ giãn với **giới hạn đàn hồi rõ rệt** (Hình 2, trang 291). Ở vật liệu này ứng suất σ_z ở giai đoạn đầu tăng theo tỷ lệ (với cùng kích cỡ) với độ giãn ε. Vì thế nên phần đầu đường biểu diễn là đường thẳng.

Sự liên quan tỷ lệ này giữa ứng suất σ_z và độ giãn ε được mô tả bằng **định luật Hook** (xem bên phải). Hệ số ***E*** trong phương trình được gọi là **môđun đàn hồi** và là thông số đặc trưng cho độ cứng (độ bền vững) của một vật liệu. Các loại thép có môđun đàn hồi E=210000 N/mm².

Khi đạt đến một ứng suất nhất định, được gọi là **giới hạn đàn hồi R_e** (Hình 2, trang 291), mẫu kéo giãn đáng kể trong lúc lực kéo không thay đổi: mẫu bị "kéo giãn".

Sau khi vượt khỏi phạm vi kéo giãn, ứng suất trong mẫu kéo tăng từ từ đến điểm cực đại của đường biểu diễn. Trị số cao nhất của ứng suất được gọi là **độ bền kéo R_m**.

Sau đó đường biểu diễn đi xuống. Mẫu kéo thắt lại càng lúc càng nhiều và cuối cùng đứt gãy. Độ giãn còn lại sau khi mẫu đứt gãy được gọi là **độ giãn đứt gãy *A*** (Hình 2, trang 291).

Công thức tính toán

Định luật Hooke $\sigma_z = E \cdot \varepsilon$

Giới hạn đàn hồi $R_e = \frac{F_e}{S_0}$

Độ bền kéo $R_m = \frac{F_m}{S_0}$

Độ giãn đứt gãy $A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100\,\%$

Thí dụ: Một mẫu kéo tròn với đường kính ban đầu d_0=8 mm và chiều dài ban đầu L_0=40 mm được kiểm tra trong thử nghiệm kéo. Lực kéo lúc đạt giới hạn đàn hồi là F_e=11810 N, lực kéo cực đại F_m=18095. Sau khi mẫu kéo đứt gãy chiều dài còn lại được đo là L_u=50,8 mm. Những trị số của các độ lớn sau đây là bao nhiêu: a) giới hạn đàn hồi, b) độ bền kéo và c) độ giãn đứt gãy?

Giải đáp: $S_0 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (8\ \text{mm})^2 = 50{,}265\ \text{mm}^2$

a) $R_e = \frac{F_e}{S_0} = \frac{11\,810\ \text{N}}{50{,}265\ \text{mm}^2} = 235\ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

b) $R_m = \frac{F_m}{S_0} = \frac{18\,095\ \text{N}}{50{,}265\ \text{mm}^2} = 360\ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

c) $A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100\,\% = \frac{50{,}8\ \text{mm} - 40\ \text{mm}}{40\ \text{mm}} \cdot 100\,\% = 27\,\%$

■ Tham số đặc trưng cho vật liệu không có giới hạn đàn hồi rõ rệt

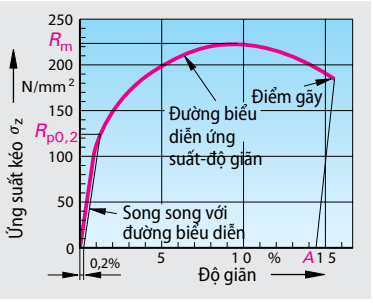
Ở những **vật liệu không có giới hạn đàn hồi rõ rệt** như nhôm, đồng hoặc thép tôi, đường biểu diễn ứng suất-độ giãn không có giới hạn đàn hồi. Lúc đầu đường biểu diễn là đường thẳng tăng dần, chuyển sang đường cong không có điểm chuyển tiếp và hạ xuống sau khi vượt qua khỏi trị số cực đại cho đến khi đứt gãy (**Hình 1**).

Ứng suất ở điểm cao nhất của đường biểu diễn trong trường hợp này cũng được gọi là **độ bền kéo R_m**, độ giãn còn lại là **độ giãn đứt gãy *A*** (xem công thức tính ở phần trên).

Vì những vật liệu với đường biểu diễn này thiếu giới hạn đàn hồi quan trọng cho việc tính độ bền, nên người ta chọn độ lớn thay thế bằng **độ giãn 0,2% $R_{p0,2}$**. Đây là ứng suất làm cho mẫu kéo sau khi hết tải còn 0,2% độ giãn còn lại.

Độ giãn 0,2% được xác định bằng đường vẽ song song với đoạn thẳng ở phần đầu của đường biểu diễn qua điểm ε = 0,2% (Hình 1).

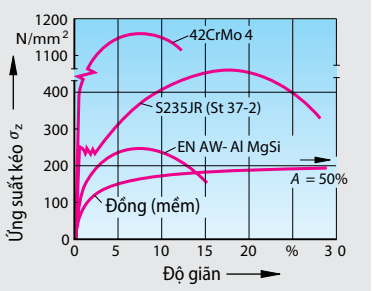
Thí dụ: Giới hạn độ giãn 0,2% của vật liệu nhôm trong hình 1 có trị số $R_{p0,2}$ = 120 N/mm².



Hình 1: **Biểu đồ ứng suất-độ giãn một hợp kim nhôm không có giới hạn đàn hồi rõ rệt**

■ So sánh vật liệu

Mỗi vật liệu có một dạng đặc biệt của đường biểu diễn ứng suất-độ giãn. Khi ghi lại những đường biểu diễn của những kim loại khác nhau trong một biểu đồ, người ta sẽ nhận thấy được phản ứng khác biệt của vật liệu qua biến dạng (**Hình 2**).

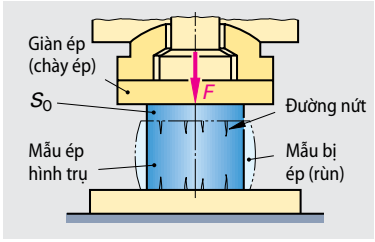


Hình 2: **Biểu đồ ứng suất - độ giãn của các vật liệu khác nhau qua so sánh**

4.9.2.2 Thử nghiệm ép

Trên một máy kiểm tra đa năng, một mẫu thử được lực ép F tác động từ từ đến khi gãy hoặc nứt (**Hình 1**). Vật liệu cứng giòn như gang đúc sắt hoặc thép tôi vỡ ra nhiều miếng lớn. Vật liệu dai như thép không tôi bị biến dạng phình ra thành hình trống có vết nứt ở hướng lực tác động. Ứng suất tối cao đạt được nơi một mẫu ép được gọi là **độ bền ép** σ_{dB}.

Độ bền ép $\sigma_{dB} = \frac{F_m}{S_0}$



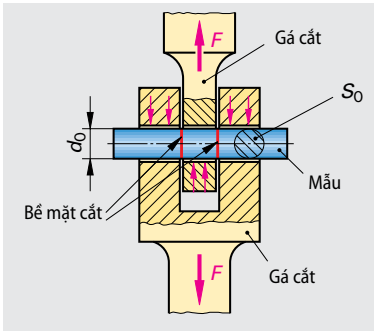
Hình 1: Thử nghiệm ép

4.9.2.3 Thử nghiệm cắt

Khả năng chịu tải cắt của vật liệu được kiểm tra bằng thử nghiệm cắt. Trên máy kiểm tra đa năng, mẫu cắt dạng thanh tròn được đặt trong bộ gá cắt. Lực cắt được nâng lên từ từ đến khi mẫu bị cắt đứt (**Hình 2**).

Lực cắt tối đa F_m cần thiết được đo và với 2 lần diện tích của tiết diện thanh tròn ($2.S_0$) người ta tính ra được độ bền cắt.

Độ bền cắt $\tau_{dB} = \frac{F_m}{2 \cdot S_0}$



Hình 2: Thử nghiệm cắt

4.9.3 Thử nghiệm uốn đập mẫu có khía

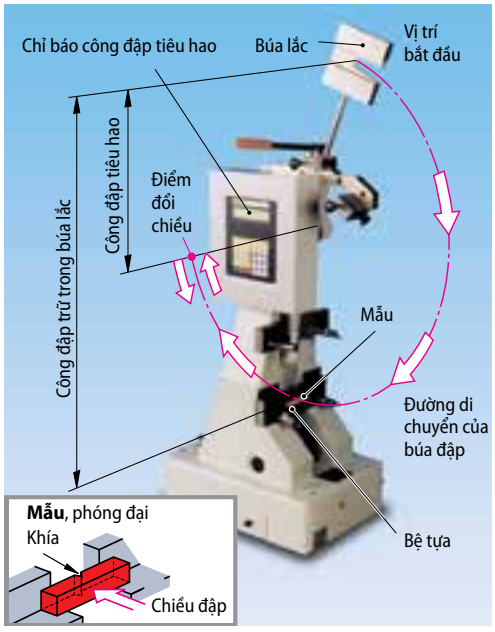
Trong thử nghiệm đập mẫu theo Charpy với dạng khía chữ U hay chữ V được đập trên giàn đập bằng búa lắc rơi xuống (**Hình 3**). Búa đập xẻ qua mẫu đứt gãy hoặc mang mẫu bị biến dạng (uốn cong) ra khỏi bệ tựa.

Trong quá trình này một phần thế năng trữ trong búa được tiêu dùng. Chiếc búa lắc dao động đến điểm đổi chiều, điểm này được kim kéo theo lưu giữ lại trong thiết bị hiển thị. Chuyển động của búa bị hãm lại càng nhiều khi vật liệu của mẫu càng dẻo.

Khoảng cách của chiều cao giữa vị trí bắt đầu và điểm đổi chiều là mức độ của **công đập được tiêu hao** W_v. Công này đọc được từ thiết bị hiển thị và là kết quả thử nghiệm được biểu thị với đơn vị Joule (J).

Thí dụ: Biểu thị cho kết quả thử nghiệm: **KU = 68 J** (Công đập được tiêu hao ở mức 68 J, được đo với mẫu thử chuẩn có khía chữ U).

Thử nghiệm uốn đập mẫu có khía cung cấp thông tin về độ dai của một vật liệu.



Hình 3: Thử nghiệm uốn đập mẫu có khía theo Charpy (Thử nghiệm độ dai va đập theo Charpy)

Ôn tập và đào sâu

1. Chỉ số nào được cung cấp qua thử nghiệm kéo của một vật liệu có giới hạn đàn hồi rõ rệt?
2. Giới hạn độ giãn 0,2% cho biết điều gì?
3. Thử nghiệm uốn đập mẫu có khía được thực hiện như thế nào?
4. Thử nghiệm kéo với mẫu kéo với $d_0 = 16$ mm và $L_0 = 80$ mm đưa đến những trị số đo được như sau: Lực kéo nơi giới hạn đàn hồi $F_e = 55292$ N, Lực kéo tối cao $F_m = 96510$ N, chiều dài được đo sau khi đứt gãy $L_u = 96{,}8$ mm. Những trị số phải tính là độ giãn đàn hồi, độ bền kéo và độ giãn đứt gãy.

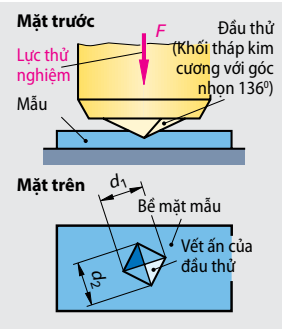
4.9.4 Kiểm tra độ cứng

Độ cứng là sức cản của một vật liệu chống sự xâm nhập vào của đầu thử.

■ Kiểm tra độ cứng theo Vickers

Phương pháp kiểm tra độ cứng theo Vickers dùng một đầu thử hình khối tháp 4 cạnh bằng kim cương ấn vào mẫu với một lực kiểm tra *F* và đo đường chéo *d* của vết ấn khối tháp được phát sinh (**Hình 1**).

Đường chéo *d* được xác định bằng việc đo cả hai đường chéo d_1 và d_2 của vết ấn (Hình 1) và tính ra trị số trung bình: $d = (d_1+d_2)/2$.



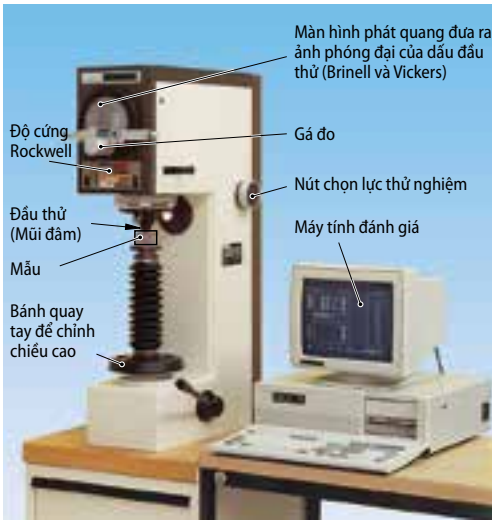
Hình 1: Kiểm tra độ cứng theo Vickers

Độ cứng Vickers được tính từ lực kiểm tra *F* (đơn vị N) và đường chéo vết ấn khối tháp *d* (đơn vị mm) theo công thức bên cạnh:

$$HV = 0{,}189 \cdot \frac{F}{d^2}$$

Thí dụ: Vết ấn của khối tháp có đường kính *d* = 0,47 mm với lực kiểm tra 490,3 N cho kết quả: **HV 50** = $0{,}189 \cdot \frac{490{,}3}{0{,}47^2}$ = **419**

Thực hiện thử nghiệm. Trong trường hợp thông thường việc kiểm tra độ cứng được thực hiện với máy kiểm tra độ cứng vạn năng (**Hình 2**). Đầu thử, thí dụ như khối tháp kim cương, được ép vào mẫu với lực thử nghiệm. Sau 10 đến 15 giây, đầu thử được nhấc lên và quay sang một bên. Nhờ vậy hệ thống phóng đại quang học đi đến vết ấn được thành hình và vết này được chiếu vào màng phát quang. Ở nơi này vết ấn được đo chính xác với một đường ray đo di động.



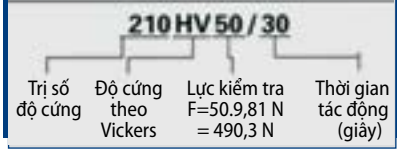
Hình 2: Máy kiểm tra độ cứng vạn năng

Trong **kiểm tra độ cứng theo Vickers** ở **phạm vi lớn,** những lực kiểm tra sau đây được sử dụng: 49,3 N (HV5), 98,07 N (HV10), 196,1 N (HV20), 294,2 N (HV30), 490,3 N (HV50) và 980,7 N (HV100).

Kiểm tra độ cứng theo Vickers chỉ cần một đầu thử, vật này dùng để kiểm tra cả vật liệu mềm lẫn vật liệu cứng.

Ký hiệu ngắn. Độ cứng Vickers được trình bày bằng ký hiệu ngắn, gồm có trị số độ cứng, chữ ký hiệu HV cũng như điều kiện kiểm tra (xem thí dụ bên phải).

Thí dụ một biểu thị độ cứng theo Vickers



Trường hợp thời gian tác động 10 đến 15 giây thì sẽ được bỏ đi, thí dụ như 360 HV 50. Kết quả của kiểm tra độ cứng theo Vickers và Brinell cho những vật liệu mềm và cứng vừa (đến 350 HV) sẽ có cùng trị số. Với những vật liệu cứng hơn thì chúng sẽ có trị số sai biệt với nhau.

Kiểm tra độ cứng theo Vickers với tải nhẹ và vết ấn vi thể (**rất nhỏ**). Nếu cần có vết ấn của đầu thử càng nhỏ càng tốt thì người ta sẽ dùng thiết bị kiểm tra với tải nhẹ. Lực kiểm tra gây vết ấn nhỏ từ 2N đến 50N (HV 0,2 đến HV 5), được đo bằng kính hiển vi gắn trên thiết bị kiểm tra. Kiểm tra độ cứng với tải nhẹ dùng để kiểm tra lớp tôi mỏng và chi tiết đã hoàn tất. Trong thử nghiệm độ cứng theo Vickers ở **phạm vi rất nhỏ**, thí dụ như từng hạt của cấu trúc, người ta dùng lực kiểm tra nhỏ hơn 2 N.

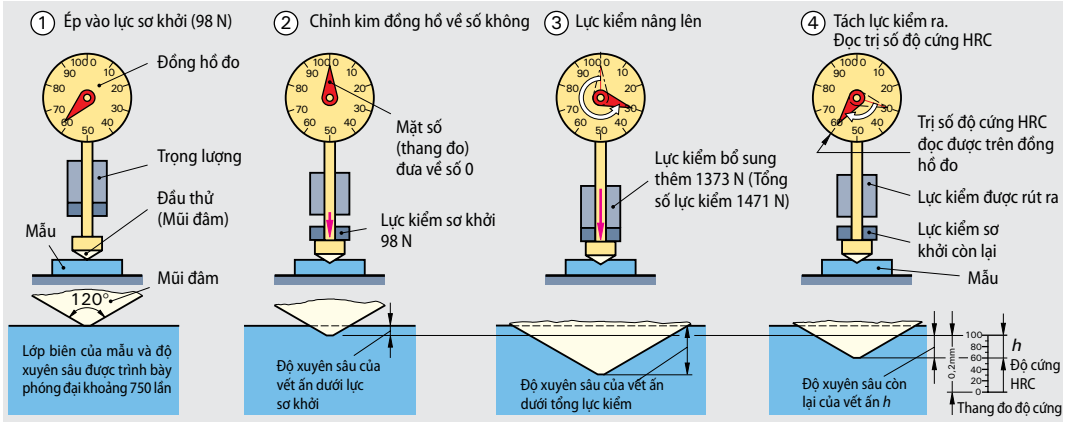
Kiểm tra độ cứng theo Knoop. Phương pháp thử nghiệm này tương tự như thử nghiệm theo Vickers ứng dụng cho vật liệu cứng giòn, chẳng hạn đồ gốm. Đầu thử là một khối tháp kim cương hình thoi.

■ Kiểm tra độ cứng theo Rockwell

Kiểm tra độ cứng theo Rockwell gồm có bốn giai đoạn (**Hình 1**).

Trước hết một đầu thử được ép vào mẫu với một lực sơ khởi (thí dụ 98 N) ① và sau đó đồng hồ đo được chỉnh ở vị trí 0 ②.

Tiếp theo lực kiểm tra thật sự (thí dụ 1373 N trong phương pháp HRC) được nâng lên ③ và sau thời gian ngắn lực này lại được rút đi. Độ xuyên sâu trong mẫu *h* còn lại của đầu thử là trị số độ cứng Rockwell được đọc trực tiếp từ đồng hồ đo ④.



Hình 1: Trình tự công việc kiểm tra độ cứng Rockwell (HRC)

Đầu thử dùng cho vật liệu cứng là kim cương có hình nón với góc mũi nhọn 120^0 (thí dụ cho phương pháp HRC và HRA).

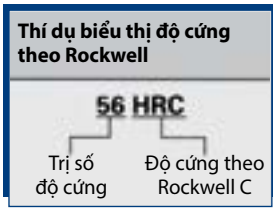
Vật liệu mềm được kiểm tra với bi tròn bằng hợp kim cứng với đường kính 1,59 mm hoặc 3,175 mm (thí dụ cho phương pháp HRB và HRF).

Để kiểm nghiệm vật liệu có độ cứng khác nhau, người ta sử dụng các lực kiểm khác nhau.

Thí dụ HRA: F = 490,3 N, HRB: F = 882,6 N, HRC: F = 1373 N.

Ký hiệu ngắn. Ký hiệu ngắn của độ cứng Rockwell gồm có trị số độ cứng và dấu hiệu của của phương pháp ứng dụng (xem thí dụ).

Thí dụ biểu thị độ cứng theo Rockwell



Với những phương pháp kiểm tra độ cứng Rockwell khác nhau, người ta có thể kiểm tra vật liệu mềm và cứng.

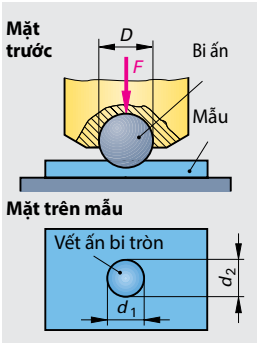
■ Kiểm tra độ cứng theo Brinell

Trong phương pháp kiểm tra độ cứng theo Brinell, viên bi bằng hợp kim cứng được ép với lực kiểm nghiệm vào mẫu và đo đường kính của vết ấn (**Hình 2**).

Độ cứng Brinell được tính từ lực kiểm nghiệm và diện tích của viên bi ấn vào mẫu. Trong thực tiễn, trị số độ cứng Brinell với lực F và đường kính d được đọc từ bảng hoặc tính bằng máy tính.

Lực kiểm tra được chỉnh trên máy kiểm tra độ cứng (Hình 2, trang 294), đường kính vết ấn bi tròn d được tính bằng trị số trung bình của d_1 và d_2 (**Hình 1**): $d=(d_1+d_2)/2$.

Thí dụ: Ở trường hợp kiểm tra độ cứng theo Brinell với viên bi có đường kính D = 2,5 mm và lực kiểm F = 1839 N, người ta có kết quả đo đường kính vết ấn trung bình là d= 1,35 mm. Trị số độ cứng Brinell đọc từ bảng tính là 121 HBW. Trị số này cũng có thể xác định được bằng công thức tính.



Hình 2: Kiểm tra độ cứng theo Brinell

Tiến hành kiểm tra. Kiểm tra độ cứng theo Brinell thông thường được thực hiện trên một máy kiểm tra độ cứng đa năng (**Hình 2, trang 294**) như kiểm tra độ cứng theo Vickers.

Kiểm tra có thể dùng bi bằng hợp kim cứng với độ lớn khác nhau: 1 mm, 2 mm, 2,5 mm, 5 mm và 10 mm. Các lực kiểm phải được chọn sao cho **bậc ứng suất** $a = 0{,}102 . F/D^2$ bằng nhau. Vì lý do này cho nên từng nhóm vật liệu có độ cứng tương đương được quy định với một bậc ứng suất. Trong các bảng tính có thể đọc lực kiểm cần chỉnh cho mỗi đường kính viên bi.

Với phương pháp kiểm tra độ cứng theo Brinell chỉ có thể đo những kim vật liệu mềm và cứng vừa.

Ký hiệu ngắn. Trị số độ cứng Brinell được biểu thị bằng một ký hiệu ngắn. Ký hiệu bao gồm trị số độ cứng, chữ cái mã HBW (độ cứng theo Brinell với bi kiểm bằng hợp kim cứng) và những điều kiện kiểm tra (xem thí dụ kế bên).

Trường hợp thời gian tác động từ 10 đến 15 giây thì thời gian này trong ký hiệu ngắn sẽ được bỏ đi.

Thí dụ một biểu thị độ cứng theo Brinell

229 HBW 2,5 / 187,5 / 30

Độ cứng	Độ cứng theo Brinell (bi kim loại cứng)	Đường kính bi kiểm (mm)	Lực kiểm F=187,5. 9,81 N = 1839 N	Thời gian tác dụng bằng giây

Độ cứng và độ bền kéo. Những loại thép carbon có thể tính tương đối đúng độ bền kéo R_m từ trị số độ cứng Brinell HBW. Công thức tính chuyển đổi là: $R_m \approx 3{,}5.HBW$.

■ Kiểm tra độ cứng theo Martens

Phương pháp này dùng đầu thử của phương pháp Vickers (khối tháp kim cương) với lực tải tăng dần ấn vào mẫu vật liệu và sau khi đạt lực tối cao, người ta hạ hết lực tải (**Hình 1**). Trong phạm vi lớn lực kiểm được sử dụng từ 2 N đến 30000 N. Một lực kế đo liên tục lực kiểm F hiện thời và một hệ đo quãng đường (hệ đo hành trình) để đo chiều sâu của dấu ấn *h* tương ứng. Trên màn hình của máy tính đánh giá, biểu đồ lực kiểm-chiều sâu dấu ấn được ghi lại (**Hình 2**). Độ cứng Martens HM được đơn vị đánh giá xác định theo phương trình bên cạnh và hiển thị trên màn hình.

$$HM = \frac{F}{26{,}43 \cdot h^2}$$

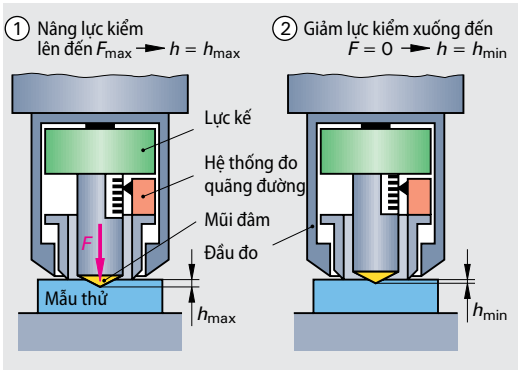
Độ cứng Martens được biểu thị với ký hiệu ngắn.

Thí dụ một biểu thị độ cứng theo Martens

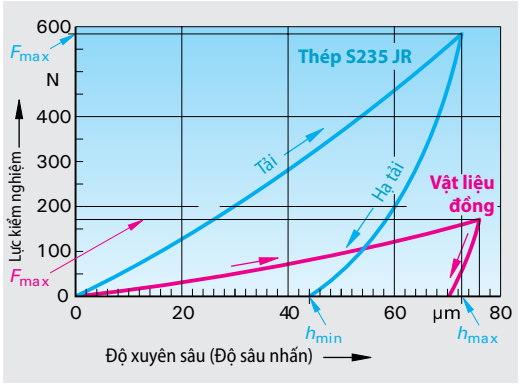
HM 580/20/20 = 2540 N/mm²

Lực kiểm tối đa bằng N	Thời gian nâng lực kiểm bằng s	Thời gian duy trì lực kiểm bằng s	Độ cứng Martens 2540 N/mm²

Thời gian nâng lực kiểm và số bước có thể loại bỏ được.



Hình 1: Kiểm tra độ cứng vạn năng



Hình 2: Đồ thị lực kiểm đầu thử của thép và đồng trên màn hình

Ưu điểm của phương pháp kiểm tra độ cứng theo Martens

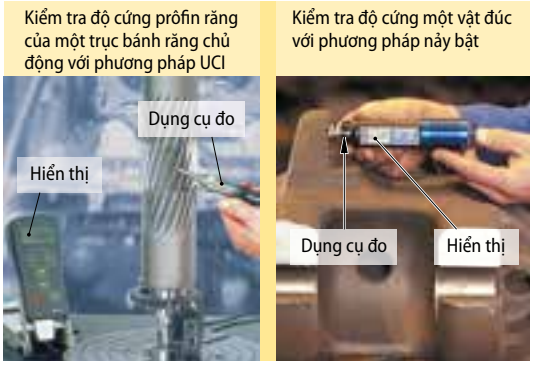
- Có thể kiểm tra vật liệu với mọi độ cứng, từ chất dẻo đến hợp kim cứng.
- Có khả năng xác định đặc tính tính đàn hồi/biến dạng của vật liệu với tỷ lệ h_{max}/h_{min}.
- Có khả năng tự động hóa quá trình kiểm tra.

■ Kiểm tra độ cứng di động

Việc kiểm tra độ cứng cho những cấu kiện lớn hoặc những nơi khó tiếp cận của cấu kiện được thực hiện bằng dụng cụ cầm tay (**Hình 1**).

Dụng cụ kiểm tra độ cứng được đặt lên cấu kiện và việc đo được khởi động bằng bấm nút. Trị số độ cứng đã đo được hiển thị trên dụng cụ hay trên máy xách tay.

Phương pháp UCI (**U**ltrasonic **C**ontact **I**mpedance) dựa trên cơ sở là sự thay đổi của rung động sóng siêu âm phát ra từ dụng cụ đo do ảnh hưởng của độ cứng của vật liệu.



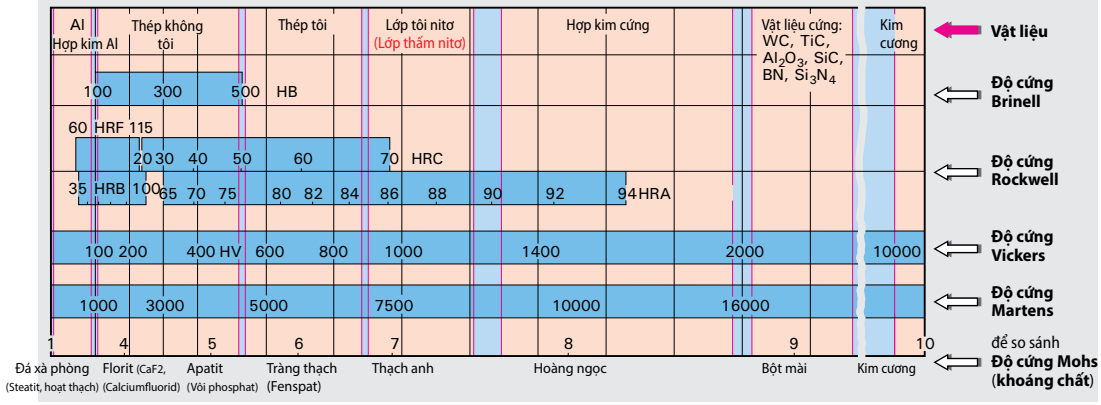
Hình 1: **Kiểm tra độ cứng di động**

Trong phương pháp nảy bật (**phương pháp dội ngược**) một viên bi nhỏ bằng thép chạm vào bề mặt của cấu kiện. Độ cứng được tính qua vận tốc nảy bật lại của viên bi.

■ So sánh các phương pháp kiểm tra độ cứng

Phương pháp	Mũi đâm	Trị số đo	Đặc tính của phương pháp, ứng dụng
Brinell HB	Bi hợp kim cứng	Đường kính vết ấn	Kết quả chính xác và có thể lặp lại. Ứng dụng cho vật liệu mềm và cứng trung bình thí dụ như thép carbon, hợp kim nhôm và hợp kim đồng
Vickers HV	Tháp kim cương	Đường chéo vết ấn	Có thể ứng dụng tổng quát; cả cho tải nhẹ và độ cứng tế vi. Từ vật liệu mềm đến rất cứng, lớp biên, từng phần cấu trúc
Rockwell	Hình chóp hay bi	Chiều sâu vết ấn	Trị số độ cứng được hiển thị trực tiếp. Tùy loại đầu thử và lực kiểm tra dùng cho vật liệu mềm hay cứng.
Martens-härte HM	Hình chóp kim cương	Lực kiểm/ chiều xuyên sâu vết ấn	Có thể ứng dụng tổng quát từ vật liệu mềm đến thật cứng cũng như dùng cho lớp biên và thành phần cấu trúc

Phương pháp đo độ cứng ứng dụng cho loại vật liệu nào có thể đọc được từ một bảng đồ họa so sánh (**Hình 2**). Người ta có thể nhận biết từ đó giới hạn phạm vi ứng dụng của phương pháp Brinell và Rockwell cũng như khả năng ứng dụng tổng quát của phương pháp Vickers và Martens.



Hình 2: Phạm vi sử dụng và so sánh các phương pháp kiểm tra độ cứng khác nhau

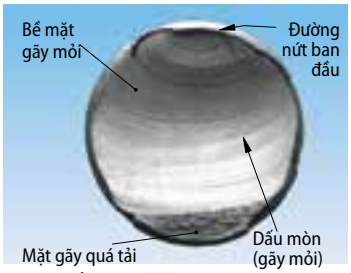
Ôn tập và đào sâu

1 Việc kiểm tra độ cứng theo Vickers được tiến hành như thế nào?
2 Phương pháp kiểm tra độ cứng tế vi nhằm mục đích gì?
3 Phương pháp kiểm tra độ cứng theo Brinell và Vickers thích ứng cho những vật liệu nào?
4 Phương pháp kiểm tra độ cứng theo Martens có những ưu điểm nào so với phương pháp Brinell?
5 Việc kiểm tra độ cứng theo Vickers HV 50 trên một chi tiết bằng thép tôi có kết quả đường chéo vết ấn là 0,35 mm và 0,39 mm. Độ cứng Vickers của thép này là bao nhiêu?
6 Trong những trường hợp nào người ta phải dùng dụng cụ kiểm tra di động để đo độ cứng?

4.9.5 Kiểm tra độ bền mỏi

Trong thiết bị có một số cấu kiện rất thường chịu tải lặp đi lặp lại trong một thời gian dài. Việc kiểm tra độ bền mỏi có giá trị đặc biệt cho các cấu kiện như là đinh ốc, cốt và trục. Những cấu kiện này có thể bị gãy cho dù lực tải rất thấp so với độ bền kéo của vật liệu. Người ta gọi loại gãy này là **độ gãy bền** hay **độ gãy mỏi** (**Hình 1**).

Gãy bền có thể nhận được dưới dạng mặt gãy. Mặt gãy có đường nút ban đầu, có bề mặt gãy mỏi với dấu mòn và mặt gãy quá tải.



Hình 1: Bề mặt gãy mỏi của một trục

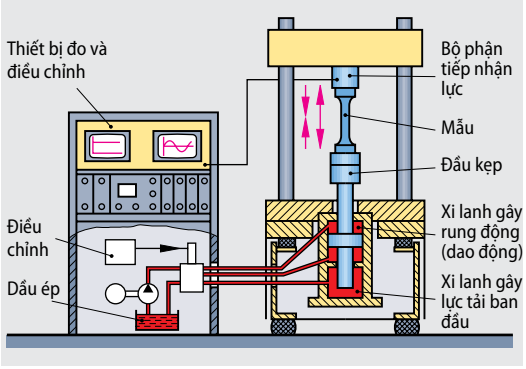
Độ bền mỏi được kiểm tra trong **thử nghiệm mỏi qua rung**. Mẫu thử được đưa vào chịu tải với lực kéo và lực ép luân phiên thay đổi nhanh với tần số thí dụ như 50 dao động trong một giây (**Hình 2**).

Trong việc kiểm tra bền mỏi có thể có những lĩnh vực lực tải khác nhau (**Hình 3**). Lực tải có thể thay đổi bất thường quanh điểm không ($\sigma_m = 0$), được gọi là **tải đổi chiều** (**tải đổi dấu**). Nếu trị số trung bình của ứng suất ở vùng ép ($\sigma_m < 0$), hay vùng kéo ($\sigma_m > 0$), người ta gọi là **tải ngưỡng ép** hay **tải ngưỡng kéo**. Trị số tối đa của ứng suất được gọi là **biên độ ứng suất** σ_A.

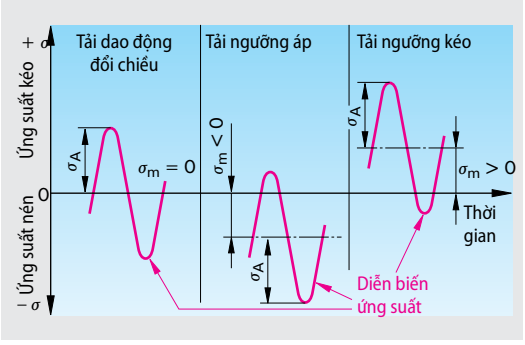
Mỗi một thử nghiệm mỏi qua rung chạy cho đến khi mẫu kiểm tra gãy hoặc cho đến số chu kỳ dao động *(số lần tải luân phiên thay đổi, chu trình ứng suất)* lên đến $10^7 = 10.000.000$. **Số chu kỳ gãy N** được đo khi bị gãy.

Mỗi loạt thử nghiệm bền mỏi bao gồm khoảng 10 lượt kiểm tra với mẫu cùng vật liệu. Biên độ ứng suất σ_A của tải dao động đổi chiều được khởi đầu ở giới hạn đàn hồi Re và giảm từ lượt kiểm tra này đến lượt khác. Kết quả của từng lượt kiểm tra được ghi vào trong một biểu đồ (**Hình 4**). Đường nối của những điểm đo thành **biểu đồ Wöhler** (August Wöhler: Nhà nghiên cứu vật liệu). Biểu đồ sụt xuống đoạn đầu và tới độ chu kỳ $10^6 = 1.000.000$ chuyển sang hướng nằm ngang. Biên độ ứng suất của đoạn này được gọi là **độ bền mỏi** σ_D.

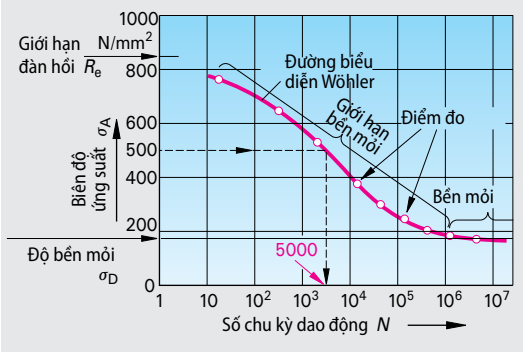
Nếu một vật liệu chịu tải với một ứng suất dao động (đổi chiều) thấp hơn độ bền mỏi, nó sẽ không bị gãy mỏi cho dù số lượng chu kỳ dao động đến mức vô tận, người ta gọi vật liệu này có **độ bền mỏi**. Loại thép hợp kim được trình bày trong hình 4 có độ bền mỏi khi bị ứng suất dao động dưới 180 N/mm². Nếu loại thép này bị tác động trên mức bền mỏi, nó sẽ bị gãy sau số chu kỳ dao động, gọi là giới hạn mỏi, người ta gọi vật liệu này có **giới hạn bền mỏi**. Vật liệu trong hình 4 thí dụ chỉ chịu được 5000 chu kỳ dao động ở ứng lực xoay chiều *(tải đổi chiều)* 500 N/mm².



Hình 2: Máy thử nghiệm bền mỏi



Hình 3: Những vùng tải động



Hình 4: Biểu đồ Woehler một loại thép hợp kim

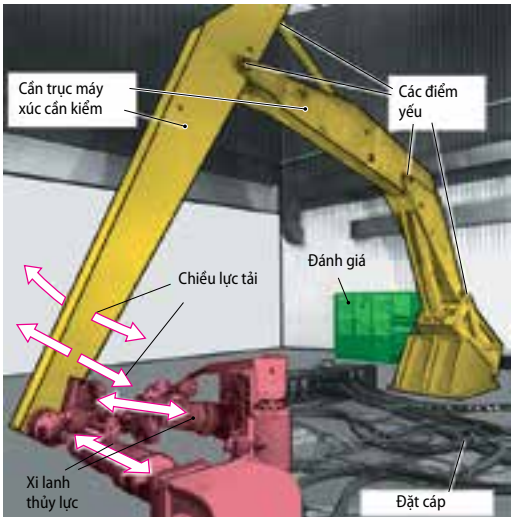
Độ bền mỏi tùy thuộc hình dạng. Chỉ số vật liệu do kết quả của thử nghiệm bền mỏi qua dao động có giá trị cho mẫu thử trơn. Cấu kiện máy có hình dạng thích nghi với chức năng. Để biết được khả năng tải của một cấu kiện máy cụ thể, phải thử nghiệm bền mỏi qua rung với mẫu có hình dạng của cấu kiện ấy. Những kết quả độ bền mỏi tìm ra được gọi là độ bền mỏi tùy thuộc hình dạng.

4.9.6 Kiểm tra tải trọng vận hành của cấu kiện

Cấu kiện bị tác động cùng một lúc từ nhiều tải trọng khác nhau. Thí dụ một cần trục máy xúc chịu tải đồng thời với các loại lực kéo, ép, vặn và rung. Những lượng tải chồng với nhau và ảnh hưởng của chúng không thể kiểm tra nơi một thanh kiểm của vật liệu, mà phải ở nơi cấu kiện đã hoàn tất.

> Trong kiểm tra tải trọng vận hành của cấu kiện, cấu kiện hoàn tất được kiểm nghiệm với những loại lực tải sẽ xuất hiện về sau ở nơi làm việc.

Để thực hiện, cấu kiện máy được đặt vào giàn máy kiểm tra dưới tác động của tải vận hành được mô phỏng. Thí dụ ở một cần trục máy xúc, lực tải đổi dấu được đưa vào qua xi lanh thủy lực theo hướng cần trục và thẳng góc với hướng này (**Hình 1**). Các điểm yếu của cấu kiện máy được phát hiện qua biến dạng hay gãy.



Hình 1: **Kiểm tra tải trọng vận hành của một cần trục máy xúc**

4.9.7 Thử nghiệm không phá hủy vật liệu

Chúng có nhiệm vụ xác định những khuyết tật của vật liệu (vết nứt, tạp chất) trong những cấu kiện chịu đựng tác động lực cao và phải bảo đảm an toàn, thí dụ như những mối hàn của ống cao áp, bồn áp suất, ống dẫn dầu và bồn phản ứng. Trong phương pháp kiểm tra vật liệu không phá hủy, không cần phải lấy mẫu vật liệu cũng như không làm hỏng thành phần máy được kiểm.

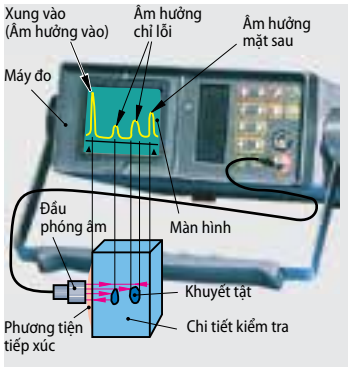
■ Phép thử khả năng thấm

Phương pháp kiểm tra này cũng có tên là **phương pháp mao dẫn**, **phương pháp hút** hay **phương pháp thấm sâu** thích ứng để tìm những vết nứt cực nhỏ lan đến bề mặt của phôi gia công.

Với **phương pháp Met-L-Chek,** phôi gia công được phun một chất màu đỏ. Do tính mao dẫn chất này sẽ xâm nhập vào vết nứt vi thể nếu có. Sau đó chi tiết được rửa sạch. Tiếp theo người ta phun lên một chất màu trắng, chất này hút chất màu đỏ trong vết nứt vi thể ra. Nhờ thế vết nứt lộ ra mà trước đó dùng kính lúp cũng không nhận thấy được. Với **phương pháp huỳnh quang**, người ta thực hiện tương tự như phương pháp Met-L-Chek, chất lỏng được dùng làm chất thâm nhập là chất liệu huỳnh quang, chất này trong phòng tối dưới tia sáng cực tím cho thấy những nơi bị lỗi hiện lên sáng.

■ Kiểm tra siêu âm

Với phương pháp kiểm tra siêu âm có thể xác định được những khuyết tật bên trong của chi tiết. Dụng cụ kiểm tra siêu âm gồm có đầu phát âm và một máy đo có màn hình (**Hình 2**). Đầu phóng âm được đặt lên chi tiết để kiểm tra. Đầu này phát những sóng siêu âm đưa vào phôi. Chúng xuyên qua chi tiết và dội ngược lại khi vượt qua mặt trước và mặt sau của chi tiết cũng như khi vượt qua những khuyết tật phía trong. Những sóng âm dội ngược thấy được bằng độ lệch (dao động) trên màn ảnh. Vị trí và độ lớn của lỗi trong chi tiết đọc được bằng vị trí và độ lớn của dao động trên màn ảnh.

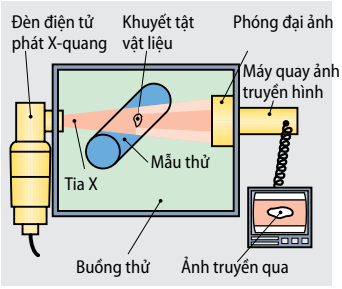


Hình 2: **Kiểm tra siêu âm**

■ Kiểm tra với tia X và tia gama

Để **kiểm tra với chùm tia X** (**tia quang tuyến**), cấu kiện cần kiểm tra được đưa vào quang trình của đèn điện tử phát tia X *(đường đi của tia từ đèn phát quang tuyến)* (**Hình 1**). Ảnh truyền đi của mẫu kiểm được ghi lại với máy thu hình và đưa lên màn ảnh. Những chỗ khuyết tật của mẫu kiểm được nhận dạng bằng những vị trí sáng. Tia X có thể xuyên qua chiều dày thép đến 80 mm và nhôm đến 400 mm.

Trong **kiểm tra với tia gama** nguồn bức xạ được sử dụng là các chất phóng xạ như Cobalt 60. Trên một tấm phim người ta sẽ được ảnh truyền đi của mẫu kiểm với những khuyết tật là những điểm sáng. Tia gama xuyên qua thép sâu đến 200 mm.

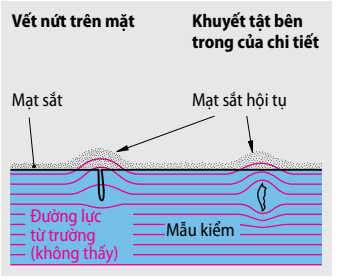


Hình 1: Kiểm tra X quang

> Chỉ có nhân viên chuyên nghiệp được thực hiện kiểm tra với quang tuyến X hay quang tuyến Gama. Coi chừng: sự nguy hiểm của bức xạ.

■ Kiểm tra với phương pháp bột nam châm

Trong phương pháp này, mẫu kiểm được từ hóa. Đường lực từ hội tụ tại những nơi có khuyết tật và vết nứt. Nếu mẫu kiểm được đổ lên một lớp dầu có trộn mạt sắt mịn (*bột sắt mịn*), chúng sẽ tụ về những nơi có khuyết tật nhờ có mật độ đường lực cao hơn và qua đó chỉ ra những vết nứt (**Hình 2**).



Hình 2: Phương pháp bột nam châm

4.9.8 Xét nghiệm cấu trúc kim loại bằng kính hiển vi

Xét nghiệm cấu trúc kim loại bằng kính hiển vi cho thấy **cấu trúc** của vật liệu.

■ Ảnh của cấu trúc không được phóng đại

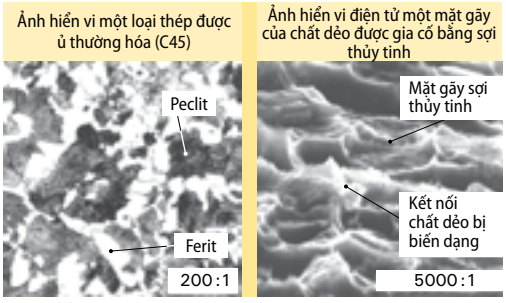
Nếu ép một mặt kim loại vừa mài lên miếng giấy ảnh có thấm axít lưu huỳnh, người ta sẽ nhìn thấy được sự phân phối của chất kèm của sắt như phosphor và lưu huỳnh (**Hình 3,** trái). Lối in này được gọi là "**bản in Baumann**" dùng để kiểm tra sự thiên tích (sự chia tách của thành phần hợp kim không hòa tan với nhau).

Sự chỉnh thẳng (sự sắp xếp theo thứ tự, chiều hướng) của hạt cấu trúc, "**hướng của sợi**" được làm hiện rõ do một chất ăn mòn bôi lên mặt mài (Hình 3, phải). Cách này dùng để kiểm tra chi tiết được biến dạng.

Hình 3: Hình cấu trúc không phóng đại

■ Ảnh cấu trúc hiển vi (Ảnh tế vi)

Khi quan sát bề mặt của kim loại được đánh bóng và cho tác dụng ăn mòn bằng kính hiển vi kim loại người ta sẽ thấy một **ảnh mài** (ảnh chụp cấu trúc tế vi) (**Hình 4**, trái). Ảnh mài dùng để kiểm tra cấu trúc như trong lúc nhiệt luyện các chi tiết.



Hình 4: Ảnh tế vi (ảnh kim tương)

Với **kính hiển vi điện tử** cũng có thể chụp rõ được ảnh của mặt không phẳng ở độ phóng đại đến 10000 lần (Hình 4). Với phương tiện này diễn biến của quá trình đứt gãy sẽ được xét nghiệm.

Ôn tập và đào sâu

1 Mặt đứt gãy mỏi xem như thế nào?
2 Mục đích của việc kiểm tra tải trọng vận hành (làm việc) của cấu kiện?
3 Sự thực hiện việc kiểm tra siêu âm như thế nào?
4 Hướng chạy của sợi và ảnh mài biểu thị điều gì?

4.10 Ăn mòn và bảo vệ chống ăn mòn

Người ta hiểu nghĩa **ăn mòn** là sự tấn công và phá hủy vật liệu kim loại bằng phản ứng hóa hay điện hóa với chất tác dụng (kích thích tố) của môi trường xung quanh.

Chất ăn mòn (chất tác dụng) là những chất xung quanh cấu kiện, tác động lên vật liệu và là nguyên nhân gây ra ăn mòn thí dụ như không khí trong phòng, khí quyển ngoài trời có hoặc không có ô nhiễm kỹ nghệ, khí quyển vùng biển, nước ngọt và nước mặn, mặt đất hay hóa chất. Những tổn hại do sự ăn mòn nơi xe cộ, thiết bị và cấu kiện thép rất lớn (**Hình 1**).

Có thể hạn chế một phần bằng cách ứng dụng những phương pháp bảo vệ phù hợp.

Hình 1: **Cấu kiện bị phá hủy vì ăn mòn**

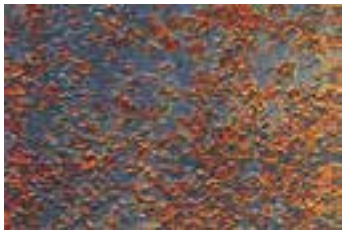
4.10.1 Nguyên nhân ăn mòn

Quá trình ăn mòn diễn biến tùy theo hoàn cảnh, theo nhiều cách tác dụng khác biệt. Do đó người ta phân chia ra thành ăn mòn điện hóa và ăn mòn ở nhiệt độ cao.

Hư hỏng ăn mòn thường xuyên nhất trong máy móc dựa trên cơ bản ăn mòn điện hóa.

■ Ăn mòn điện hóa

Trong loại ăn mòn điện hóa, trên mặt kim loại quá trình ăn mòn xảy ra dưới lớp màng nước có khả năng dẫn điện, **chất điện giải**. Một chất điện giải có thể là một lớp độ ẩm rất mỏng hay nước còn lại trong khe hở mà cũng có thể là mồ hôi tay dính lên chi tiết.

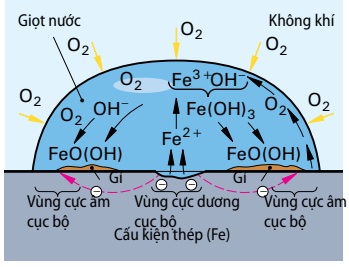


Hình 2: **Gỉ trên thép láng**

Ăn mòn điện hóa bằng dưỡng khí (khí oxy) trên mặt thép ẩm

Bề mặt của cấu kiện kim loại bị lớp màng ẩm phủ lên trong phòng có độ ẩm hay thời tiết ẩm ướt ngoài trời. Cấu kiện có mặt láng bằng thép carbon hay thép hợp kim thấp sẽ bị đốm gỉ vẩy đầy sau một vài ngày (**Hình 2**). Những biến chuyển, cơ bản xảy ra trong loại ăn mòn này, dựa trên tác dụng vào vật liệu sắt của Oxy trong không khí kết hợp với nước.

Xét phạm vi của vật liệu dưới một giọt nước, người ta có thể giải thích được những diễn biến này (**Hình 3**):



Hình 3: **Diễn biến trong ăn mòn điện hóa bằng khí Oxy**

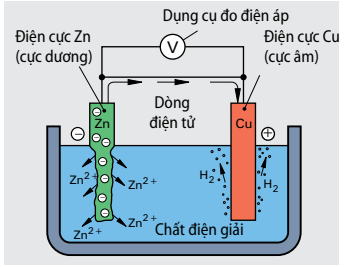
Ở trung tâm giọt nước, sắt hòa tan thành ion Fe^{2+}. Vùng vật liệu này tác động như một khoảng dương cực cục bộ (**vùng cực dương**).

Trong phạm vi biên của giọt nước những ion OH–, tạo thành do phản ứng giữa Oxy của không khí trong nước, với ion sắt Fe^{2+} lúc ban đầu thành hyđrôxít sắt $Fe(OH)^3$ và từ đó trở thành **lớp gỉ FeO(OH)**. Chất này tách rời thành một dạng vòng ở biên giọt nước.

Sự cấu tạo đốm gỉ lúc ban đầu có thể quan sát trên mặt thép (Hình 2). Trong diễn biến tiếp tục của quá trình ăn mòn, toàn thể diện tích của mặt thép sẽ bị gặm mòn từ những vị trí này.

Ăn mòn điện hóa nơi nguyên tố ăn mòn

Loại ăn mòn này dựa trên tiến triển tương tự như của một **nguyên tố điện giải**. Một pin điện gồm có hai điện cực bằng kim loại khác nhau cắm vào một chất lỏng dẫn điện, chất điện giải (**Hình 4**). Với sắp xếp này kim loại kém quý hơn bị hòa tan; nó bị ăn mòn.



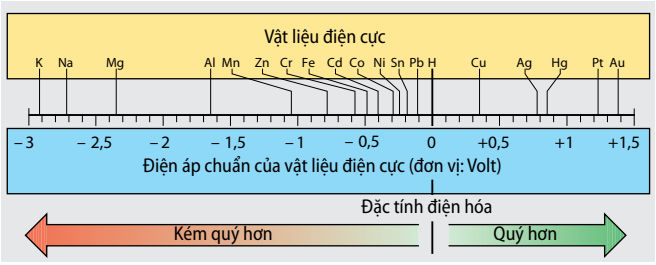
Hình 4: **Nguyên tố điện giải**

Nơi nguyên tố điện giải kẽm/đồng, điện cực kẽm (cực dương) sẽ hòa tan dưới dạng ion Zn^{2+}, trong khi đó ở điện cực đồng (cực âm) nước phân hóa để phát sinh ra khí hydro (khinh khí). Giữa đôi điện cực có một điện áp thấp, tùy thuộc vào vật liệu của điện cực.

Qua đo đạc, điện áp của từng vật liệu điện cực được xác định, được gọi là **điện áp chuẩn**. Chúng được ghi vào **dãy điện áp của kim loại** (**Hình 1**). Phía trái điện áp bằng không của khí hydro tụ họp những kim loại thường, phía phải tụ họp kim loại quý.

Trong một nguyên tố điện giải, kim loại nằm xa hơn bên trái sẽ bị hòa tan, thí dụ như chất kẽm ở nguyên tố Zn/Cu (Hình 4, trang 301). Độ lớn của điện áp trong nguyên tố điện giải có thể tính từ sự khác biệt của điện áp chuẩn.

Thí dụ: nguyên tố điện giải Zn/Cu. Điện áp chuẩn của đồng là +0,34 V, của kẽm là -0,76 V. Nhờ đó nguyên tố điện giải có một điện áp +0,34 V- (-0,76 V) = 0,34V + 0,76 V= **1,1 V**



Hình 1: Dãy điện áp của kim loại

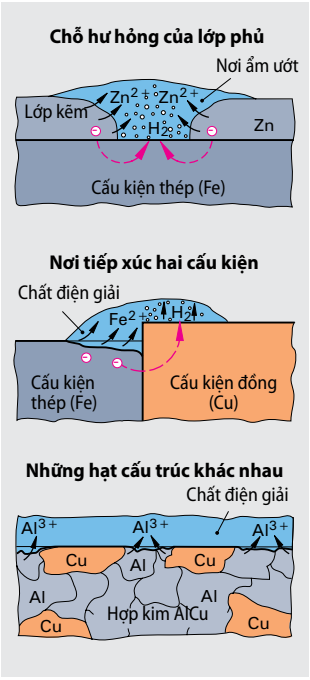
Điều kiện để thành nguyên tố điện giải được hiện diện trên nhiều vị trí của thiết bị và cấu kiện. Những phạm vi này được gọi là **nguyên tố ăn mòn**. Để có nguyên tố này cần phải có hai kim loại khác nhau và một ít chất lỏng (chất điện giải).

Tiêu biểu cho nguyên tố ăn mòn là chỗ hư hỏng của lớp mạ kim loại trên mặt của cấu kiện bằng thép hoặc nơi tiếp xúc của hai bộ phận bằng vật liệu khác nhau cũng như thành phần cấu trúc khác nhau của hợp kim (**Hình 2**). Mỗi loại kim loại thường ở những chỗ này sẽ bị hư hỏng do sự hòa tan vào chất điện giải.

Sự thụ động. Trong thực tế một số kim loại có tính chất không như sự chờ đợi theo dãy điện áp của kim loại.

Thí dụ: **Lớp phủ crom trên mặt thép**. Khi trở thành nguyên tố ăn mòn đứng xa hơn về phía trái theo dãy điện áp kim loại, nghĩa là crom, bị hòa tan. Tuy nhiên hình ăn mòn của thép phủ crom cho thấy bị ăn mòn phía dưới và làm bong (tróc) lớp crom. Nguyên do là sự thụ động hóa (sự làm trơ) của mặt crom bằng cách cấu tạo oxit crom. Vì thế nên thép bị ăn mòn.

Tác dụng của sự thụ động hóa crom cũng là nguyên nhân của sức bền chống ăn mòn của các loại thép có chứa crom, thí dụ ở trong X5CrNi18-10.



Hình 2: Nguyên tố ăn mòn

■ Ăn mòn nhiệt độ cao

Trong **ăn mòn nhiệt độ cao** vật liệu phản ứng trực tiếp với chất tác động, không có sự cùng tác dụng của độ ẩm.

Thí dụ: Việc tạo oxit sắt ở trên một chi tiết rèn được nung trong biến dạng nóng (**Hình 3**). Trong quá trình này sắt (Fe) phản ứng với oxy (O_2) thành oxít sắt (Fe_2O_3) theo phương trình phản ứng $4Fe+3O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3$.

Ở nhiệt độ bình thường của môi trường vật liệu kim loại chỉ phản ứng với khí khô trong trường hợp ngoại lệ, thí dụ như khí clor khô có tính ăn mòn. Kim loại chỉ phản ứng với không khí khô ở nhiệt độ cao. Vì thế loại ăn mòn này được gọi là **ăn mòn nhiệt độ cao** hay gọi đơn giản là **bị gỉ sét khi nóng**.

Ăn mòn nhiệt độ cao xuất hiện vào lúc rèn, vào lúc nung và vào lúc tôi các chi tiết.

Hình 3: Vật rèn bị ăn mòn ở nhiệt độ cao

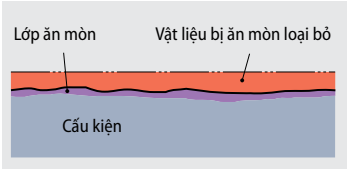
4.10.2 Các loại ăn mòn và đặc điểm bề ngoài của nó

Tùy theo vật liệu và tác nhân ăn mòn (chất tác dụng ăn mòn), các loại ăn mòn xuất hiện với những hình thức bề ngoài điển hình như sau:

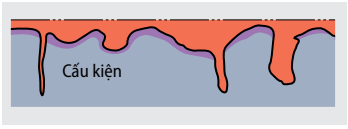
- **Ăn mòn bề mặt đồng đều** (**Hình 1**). Ở đây bề mặt bị ăn mòn tấn công hầu như đều đặn và chậm. Loại ăn mòn này xuất hiện nơi những cấu kiện bằng thép carbon không có lớp phủ để ngoài trời hay tại những chi tiết rèn bị ăn mòn ở nhiệt độ cao.
- **Ăn mòn trũng** (**lõm sâu**) **và ăn mòn lỗ** (**Hình 2**) phần lớn được nhận dạng qua việc vật liệu bị ăn mòn dạng mặt phẳng thêm vào đó trũng hoặc lỗ.
- **Ăn thủng lỗ** ***(Ăn mòn điểm, ăn mòn lỗ chỗ)***
  Nơi thép không gỉ tiếp xúc với môi trường tác dụng có chứa ion chlor như nước biển hoặc nước có chứa chlor, cũng có ăn mòn điểm độc nhất với vết khía dạng kim chích vào vật liệu. Loại ăn mòn này rất nguy hiểm cho ống dẫn hay bồn chứa có áp suất.
- **Ăn mòn tiếp xúc** (**Hình 3**) có được khi hai cấu kiện từ các vật liệu khác nhau nằm tiếp giáp bên nhau và có độ ẩm (làm chất điện giải). Chất kém quý trong hai kim loại của nguyên tố ăn mòn sẽ bị phá hủy do phân giải. Ăn mòn tiếp xúc phát sinh thí dụ như tại ổ trượt, nếu những ống lót (bạc lót) làm bằng một vật liệu khác với khung bợ trục hoặc là lắp ghép bằng bulông, khi bulông và các phần kết nối bằng những vật liệu khác nhau.
- **Ăn mòn khe hở** (**Hình 4**) xuất hiện khi hàm lượng oxy khác biệt trong chất điện giải vì sự thâm nhập không khí vào khe hở bị cản trở. Đó là trường hợp trong khe lắp ghép giữa hai cấu kiện (gỉ lắp ghép) hoặc là ở trong khe hở giữa lỗ thông và vít hoặc là các tấm được hàn nằm chồng lên nhau.
- **Ăn mòn thông khí** (**Hình 5**) xuất hiện nơi những thùng chứa được đổ nước vào một phần. Sự tấn công ăn mòn xảy ra trước ở vị trí dưới mặt nước một tí. Nguyên nhân là sự khác biệt về hàm lượng oxy ở bề mặt và lớp nước sâu hơn.
- **Ăn mòn chọn lọc** (**Hình 6**). Trong nhóm này việc tấn công ăn mòn được ưu tiên (có lựa chọn) chạy dọc theo một vùng nhất định của cấu trúc.

Tùy theo vùng cấu trúc bị phá hủy người ta phân chia thành:

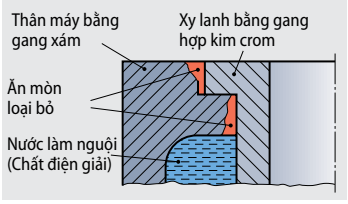
- **Ăn mòn liên tinh thể**, khi sự phá hủy chạy dọc theo đường biên của các hạt tinh thể,
- **Ăn mòn xuyên tinh thể**, khi ăn mòn đi xuyên qua các tinh thể. Vì ăn mòn chọn lọc xuất hiện trong phạm vi kích cỡ của tinh thể, nếu nhìn bằng mắt thường sẽ không nhận thấy được cho nên đặc biệt nguy hiểm.
- **Ăn mòn nứt do ứng suất** và **ăn mòn nứt do rung** (**Hình 7**) xảy ra vì tương tác của tấn công dạng điện hóa (như khí quyển khu kỹ nghệ) và tải kéo cao của một cấu kiện. Tùy theo môi trường tác dụng và loại tải, ăn mòn tiến theo hướng liên tinh thể hoặc xuyên tinh thể.



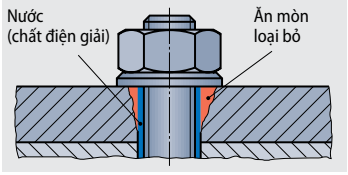
Hình 1: Ăn mòn bề mặt đồng đều



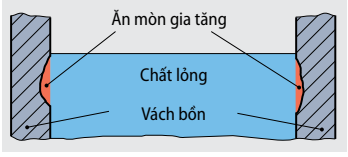
Hình 2: Ăn mòn trũng và ăn mòn lỗ



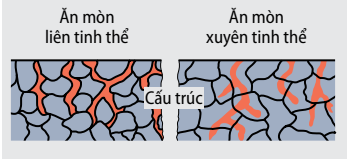
Hình 3: Ăn mòn tiếp xúc



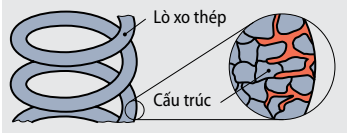
Hình 4: Ăn mòn khe hở



Hình 5: Ăn mòn thông khí



Hình 6: Ăn mòn chọn lọc



Hình 7: Ăn mòn nứt do ứng suất

4.10.3 Các biện pháp chống ăn mòn

Các cấu kiện có thể bị ăn mòn trong giai đoạn sản xuất, trong kho chứa bộ phận hay đã ráp vào máy. Người ta có thể ngăn chặn được qua những biện pháp bảo vệ thích hợp chống ăn mòn.

■ Chọn lựa vật liệu thích hợp

Việc bảo vệ chống ăn mòn cho một cấu kiện tốt nhất và ít tốn kém nhất là sự lựa chọn vật liệu thích hợp, không bị ăn mòn dưới tác động của môi trường được dự kiến. Điều cần thiết là phải biết sự chịu đựng ăn mòn của vật liệu đối với những tác động môi trường khác nhau (**Bảng 1**).

Bảng 1: Sự chịu đựng ăn mòn của vật liệu kim loại

Vật liệu	Mô tả tổng quát tính năng chống ăn mòn	Không khí khô trong nhà	Môi trường nông thôn	Không khí vùng công nghiệp	Môi trường vùng biển	Nước biển
Thép carbon và thép hợp kim thấp	Ít bền chống ăn mòn. Không có bảo vệ chỉ bền trong phong khô ráo	●	◔	◔	○	○
Thép không gỉ (X5CrNiMo17-12-2)	Thông thường bền, nguy cơ do hóa chất ăn mòn	●	●	◑	◑	◑
Nhôm và hợp kim nhôm	Bình thường thực bền. Ngoại lệ: hợp kim nhôm có pha đồng	●	◑	◑	◑	●...◔
Đồng và hợp kim đồng	Độ bền khá cao, nhất là hợp kim đồng có thành phần Ni	●	●	◑	◑	●...◔

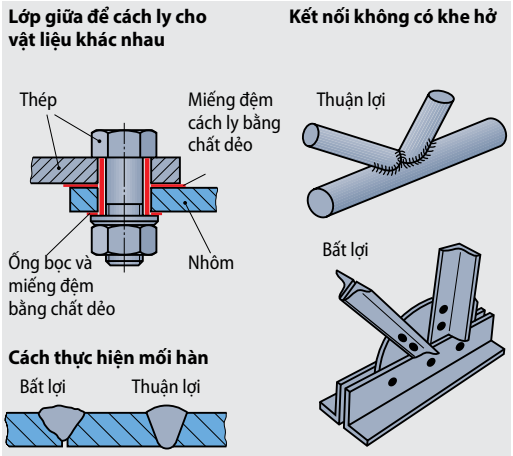
Giải thích ký hiệu: ● Thực tế bền ◐ Khá bền ◔ Không bền ○ Không dùng được

Thường xuyên vì lý do kỹ thuật, thí dụ như đòi hỏi về độ bền hay do kinh phí, người ta không thể lựa chọn vật liệu thuận lợi nhất theo quan điểm về ăn mòn. Như vậy người ta phải bảo vệ vật liệu đã được định trước bằng những biện pháp ngăn ngừa ăn mòn.

■ Thiết kế thích ứng với sự chống ăn mòn

Cấu kiện và máy móc nên được thiết kế như thế nào để không có chỗ nguy cơ bị ăn mòn (**Hình 1**):

- Loại trừ ăn mòn tiếp xúc bằng cách dùng vật liệu giống nhau trong nhóm cấu kiện hoặc lớp giữa để cách ly.
- Tránh có khe hở bằng cách thực hiện mối hàn đúng cách thay vì kết nối bulông. Sử dụng tiết diện kín thí dụ ống tròn.
- Cần tạo bề mặt láng nhiều như có thể, thí dụ như qua mài hay đánh bóng.
- Loại bỏ đỉnh ứng suất trong cấu kiện bằng cách tránh sử dụng khía sắc cạnh hoặc cách chuyển tiếp đột ngột giữa tiết diện.



Hình 1: **Thiết kế đúng cách chống ăn mòn**

■ Giảm tính ăn mòn của chất bao quanh

Trong nhiều trường hợp, không phải toàn thể mà chỉ từng thành phần của chất bao quanh có tác động ăn mòn, thí dụ như độ ẩm của không khí hay ion axit trong chất bôi trơn làm nguội. Bằng cách tách rời chất ăn mòn ra khỏi môi trường bao quanh người ta có thể giảm tác động ăn mòn một cách đáng kể hoặc loại trừ hẳn. Cách này phần nào có thể thực hiện bằng cách đơn giản.

Thí dụ: Chất bôi trơn làm nguội và chất bôi trơn được pha thêm vào chất kìm hãm (chất ức chế) ăn mòn. Chất này kết hợp với thành phần ăn mòn đã được đưa vào, thí dụ như muối hay ion axit, và làm cho chúng vô hại.

■ Bảo vệ chống ăn mòn trong lúc và sau khi gia công cắt gọt

Trong lúc gia công cắt gọt, sự ăn mòn bị cản trở bằng **chất kìm hãm** được pha vào chất làm nguội và bôi trơn. Chất kìm hãm là chất gây tác dụng thụ động có dạng dầu hay chất dạng như muối. Chúng kết thành trên vật liệu một lớp mỏng bảo vệ chỉ dày độ vài lớp phân tử không nhìn thấy bằng mắt thường.

Ngay sau khi gia công xong phải tẩy nước với dung dịch cắt gọt (chất làm nguội và bôi trơn) dính ở bề mặt chi tiết để bảo vệ cho đến bước gia công kế tiếp. Để thực hiện điều này người ta nhúng chi tiết vào **dầu chống ăn mòn** cộng thêm với phụ chất kìm hãm và chất choán chỗ của nước. Chi tiết cần đưa vào kho sau khi sản xuất, được làm sạch và làm khô rồi nhúng vào **sơn trong** để phủ một lớp mỏng (**Hình 1**) hoặc được bọc bằng một lớp giấy đặc biệt có thấm dầu để bảo vệ chống ăn mòn.

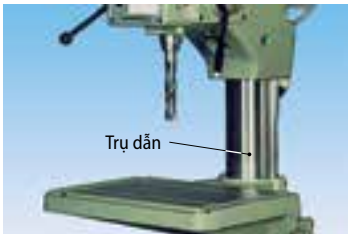
Hình 1: Dụng cụ và cấu kiện được bảo vệ bằng sơn trong

■ Lớp bảo vệ chống ăn mòn trên vật liệu sắt

Phương pháp bảo vệ chống ăn mòn bằng cách tô một lớp phim mỏng hay một lớp bảo vệ lên trên cấu kiện được ứng dụng ở thép carbon, thép hợp kim thấp hay vật liệu gang sắt. Tùy theo thời gian bảo vệ muốn đạt tới, tính chất của bề mặt vật liệu được yêu cầu và các chất ăn mòn mà người ta sử dụng những cách tráng (phủ lớp) khác nhau.

- **Bảo vệ chống ăn mòn những bộ phận thép láng**

Bề mặt nhiều cấu kiện của thiết bị buộc phải giữ láng để hoàn thành mục đích của chúng, thí dụ như là đường trượt, thanh dẫn hướng, trục, bánh xe răng, vòng ổ bi, các dụng cụ đo kiểm, pittông thủy lực (**Hình 2**). Điều kiện để có khả năng chịu đựng ăn mòn của những bề mặt này là có một mặt mài hay đánh bóng và được thoa loại dầu hay mỡ bảo vệ chống ăn mòn.



Hình 2: Trụ dẫn được bảo vệ bằng dầu bảo vệ chống ăn mòn

- **Bảo vệ chống ăn mòn qua hóa luyện bề mặt** (**xử lý bề mặt với phương pháp hóa học**)

Với phương pháp này, chi tiết gia công được ngâm vào bồn xử lý (bồn hóa luyện). Qua phản ứng hóa học, trên mặt chi tiết hình thành một lớp rắn chắc gắn bó vào vật liệu có lỗ rỗng thật nhỏ với bề dày vài µm. Qua việc thoa dầu bảo vệ chống ăn mòn tiếp theo đó, những lỗ rỗng được bịt kín lại và cấu kiện này được trang bị một lớp phim bảo vệ ngăn chặn nước thấm vào.

Hình 3: Đài dao xoay phủ phosphat

Những phương pháp hóa luyện bề mặt vật liệu thông thường là **phủ photphat** (**photphat hóa**), **phủ oxit nâu** *(tráng một lớp ôxit bảo vệ màu nâu đậm lên cơ phận)*, **phủ cromat** (crôm hóa với muối ôxit crom). Chúng cung cấp cho những cấu kiện sử dụng trong xưởng hay trong cơ sở sản xuất một cách bảo vệ chống ăn mòn đạt yêu cầu (**Hình 3**).

Tuy vậy các phương pháp này không phù hợp để bảo vệ chống ăn mòn lâu dài ở ngoài trời. Ngoài ra lớp phủ photphat cũng phù hợp để làm lớp nền bám và lớp bảo vệ chống gỉ cho việc phủ sơn (trang 230).

- **Sơn phủ bảo vệ chống ăn mòn**

Sơn phủ bảo vệ chống ăn mòn được quét lên thí dụ như khung máy, vỏ bọc bằng thép tấm hay khung sườn bằng thép. Lớp sơn bao phủ cấu kiện với một lớp nước sơn bao bọc toàn diện, lớp này bảo vệ không cho tiếp xúc với môi trường. Thời gian bảo vệ phần lớn sẽ kéo dài nhiều năm.

Tuổi bền của lớp sơn phủ bảo vệ tùy thuộc trước hết vào việc tiền xử lý đúng quy cách các bề mặt cần phủ lớp. Chúng phải tuyệt đối không dính mỡ và các chất bẩn cũng như gỉ sét bám vào. Các bộ phận bị gỉ sét được phun sạch hay mài sạch. Việc khử mỡ được tiến hành qua việc rửa trôi trong chất kiềm (trang 230). Để lớp sơn bám chặt và bảo vệ chống gỉ phía dưới phủ photphat cho bộ phận thép hoặc bằng việc phủ cromat cho cấu kiện nhôm hay bằng lớp sơn với Wash-Primer (dung dịch có cromat và phốt phat).

Việc tạo lớp sơn bảo vệ được thực hiện bằng cách phun, phun sơn tĩnh điện, sơn bột hay nhúng (trang 231).

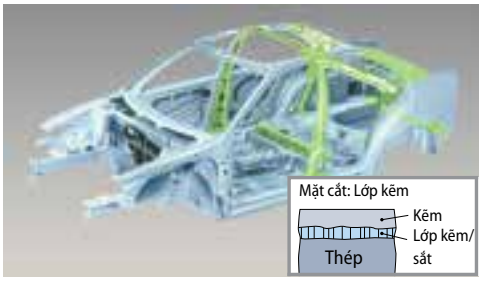
Lớp sơn bảo vệ chống ăn mòn đơn giản, thí dụ như trên lớp vỏ bọc máy công cụ, gồm có lớp sơn nền và lớp sơn trên cùng (lớp sơn bảo vệ), được bôi lên mặt tôn đã photphat hóa (**Hình 1**). Nước sơn được pha bằng chất kết dính như nhựa ankit hay nhựa polyurethan và chất màu hạt mịn. Lớp sơn bảo vệ chống ăn mòn tốn kém, thí dụ cho tôn khung của xe hơi, có thể kết hợp đến 6 lớp.

Hình 1: **Vỏ bọc bằng tôn phủ sơn**

■ Lớp phủ bằng kim loại

Mạ kẽm nóng. Một phương pháp bảo vệ tốt chống ăn mòn ở ngoài trời cho các cấu kiện bằng thép được mạ bằng lớp kẽm (**Hình 2**). Những bộ phận này được nhúng vào bồn nấu lỏng kẽm để tạo ra lớp mạ (Trang 232).

Mạ lớp phủ kim loại bằng điện giải được dùng làm bảo vệ chống ăn mòn hoặc trang hoàng nhờ hình dáng đẹp thí dụ như bộ phận trang trí xe hơi. Các kim loại phủ được ưu tiên là nickel và crom cũng như mạ nhiều lớp Cu-Zn-Cr.

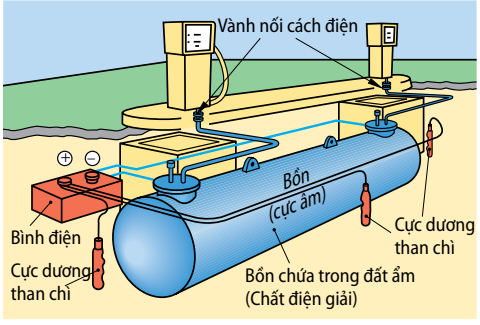


Hình 2: **Sườn xe hơi được mạ kẽm toàn diện**

■ Bảo vệ chống ăn mòn với (điện) cực âm

Trong phương pháp **bảo vệ chống ăn mòn bằng** (**điện**) **cực âm với cực dương hy sinh** cấu kiện cần được bảo vệ, thí dụ một cái ống chôn dưới đất, được nối dây điện với tấm manhê. Một hệ thống pin phát sinh vì độ ẩm của nền đất, trong đó tấm manhê không quý (được gọi là cực dương hy sinh) tự phân giải. Cái ống được xem là âm cực và vì thế được bảo vệ.

Trong phương pháp **bảo vệ ăn mòn bằng điện cực âm với cực dương điện ngoại,** cấu kiện là cực âm được nối với cực âm (cực -) của bình điện (ắc quy), trong khi cực dương là than chì được gắn vào cực dương (cực +) (**Hình 3**). Qua đó cấu kiện trở thành cực âm và nhờ vậy được bảo vệ chống ăn mòn.

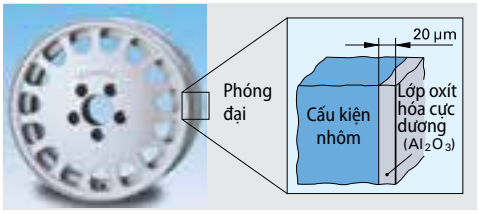


Hình 3: **Bảo vệ chống ăn mòn với cực dương dòng điện ngoại**

■ Bảo vệ chống ăn mòn của vật liệu nhôm

Những cấu kiện bằng nhôm vốn có khả năng chịu đựng ăn mòn được cải thiện bằng **oxy hóa cực dương**.

Để thực hiện việc này, cấu kiện xem là cực dương được nối vào một hệ thống điện giải (Trang 232). Trên cấu kiện nhôm, phản ứng tạo thành một lớp oxít (Al_2O_3) cứng, có sức bền chống ăn mòn và dính chặt (**Hình 4**). Lớp **oxít hóa tại cực dương** nhôm này để ánh sáng đi qua (trong suốt), vì thế cấu kiện nhôm giữ được mặt láng của kim loại lúc đầu.



Hình 4: **Niềng (vành) bánh xe nhôm được tạo lớp oxít hóa cực dương**

Ôn tập và đào sâu

1 Chuyện gì xảy ra trong quá trình ăn mòn bởi oxy?
2 Quá trình điện hóa nào diễn ra nơi nguyên tố ăn mòn?
3 Người ta phân biệt những loại ăn mòn nào?
4 Những biện pháp nào được áp dụng để tránh ăn mòn trong lúc gia công?
5 Bề mặt của thép được xử lý thế nào trước khi sơn lớp bảo vệ chống ăn mòn?

4.11 Chất dẻo

Chất dẻo - còn được gọi là nhựa hay plastic - là vật liệu hữu cơ được tổng hợp nhân tạo. Chúng được chế tạo từ nguyên liệu thô, thí dụ như dầu thô, qua sự biến đổi hóa học (tổng hợp). Chất dẻo còn được gọi là chất hữu cơ vì chúng hình thành từ sự kết nối các chất hữu cơ như carbon hay silic.

4.11.1 Đặc tính và ứng dụng

Ngày nay chất dẻo giữ một vị trí quan trọng trong kỹ thuật. Sự ứng dụng đa dạng của chất dẻo dựa vào đặc tính cũng như khả năng có được nhiều tính chất rất khác biệt (**Bảng 1**).

Những đặc tính điển hình của chất dẻo là:

- Tỷ trọng thấp
- Tùy theo loại cứng, dễ uốn cong hoặc đàn hồi
- Cách điện và dẫn nhiệt thấp
- Có tính bền đối với thời tiết và chịu hóa chất
- Bề mặt trơn bóng, có thể dùng trang trí
- Gia công định hình với giá thành hợp lý

Bảng 1: Những đặc tính điển hình và ứng dụng của chất dẻo

Tỷ trọng thấp: 0,9 đến 1,4 kg/dm³ (Ngoại lệ PTFE: ϱ = 2,2 kg/dm³)	Thùng chứa Chi tiết ô tô Chi tiết phi cơ Cấu kiện nhẹ			
		Thùng chứa lớn, can chứa chất lỏng	Cánh quạt gió	Bảng táp lô điều khiển ô tô
Tùy theo loại cứng và rắn chắc hoặc mềm và đàn hồi. Dễ tạo hình và gia công	Các chi tiết máy Các cấu kiện có tính đàn hồi như cao su Các loại vỏ/hộp			
		Các bộ phận cho hộp số nhỏ	Lốp xe ô tô	Vỏ máy
Cách điện, dẫn nhiệt và truyền âm thấp	Tay cầm dụng cụ Các linh kiện điện Vật liệu chắn và cách nhiệt			
		Tay cầm dụng cụ	Ổ cắm điện 3 pha	Tấm chắn nhiệt hoặc cách âm
Có tính bền đối với thời tiết và hóa chất chống lại nhiều hóa chất và ảnh hưởng môi trường gây ăn mòn	Các loại bình chứa hóa chất Đường ống Các phụ kiện Lớp phủ bên ngoài			
		Vỏ bọc các bộ phận trong ô tô	Vỏ bọc đường ống	Lớp phủ

Tuy nhiên chất dẻo cũng có những đặc tính làm giới hạn khả năng ứng dụng của chúng:

- Có sức bền nhiệt thấp so với kim loại.
- Một vài loại chất dẻo có thể cháy được
- Có sức bền thấp hơn một cách rõ ràng so với kim loại
- Một vài loại không bền với dung môi
- Việc tái sử dụng thông qua tái chế bị giới hạn

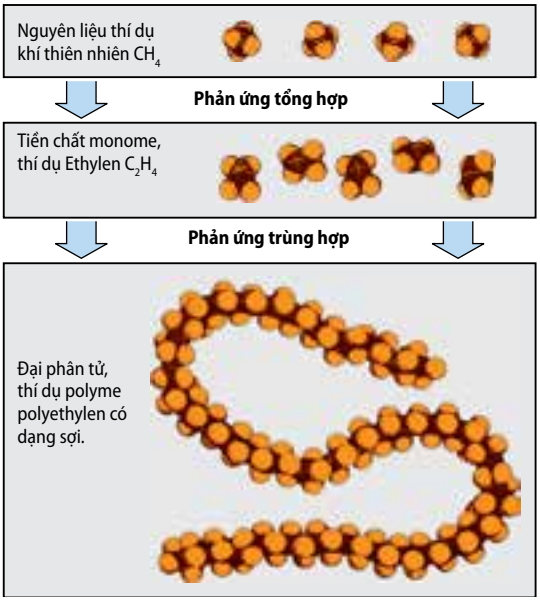
4.11.2 Thành phần hóa học và chế tạo

Chất dẻo được cấu tạo chủ yếu từ các kết nối carbon tạo thành đại phân tử. Bên cạnh carbon chúng còn chứa các phân tử hydro cũng như một phần nhỏ oxy, nitơ, clor và fluor.

Chất dẻo được chế tạo từ các nguyên liệu chính là khí thiên nhiên hay dầu thô theo trình tự hai bước (**Hình 1**):

- **Tổng hợp tạo ra các bán sản phẩm có khả năng tạo phản ứng**. Chúng gồm những phân tử đơn và được gọi là **monome** hay đơn thể (từ tiếng Hy Lạp mono = riêng rẽ).
- **Kết nối hàng ngàn monome tạo thành đại phân tử** (polyme). Người ta gọi chất được tạo nên này là **polyme** (từ tiếng Hy Lạp poly = nhiều).

Cấu trúc của polyme từ các monome tùy theo nhiều loại phản ứng khác nhau sau đây: trùng hợp, trùng ngưng, trùng cộng.

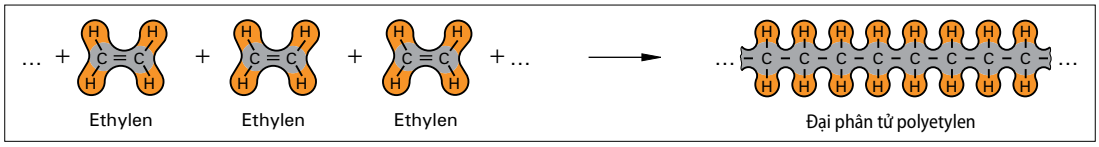


Hình 1: Các giai đoạn chuyển hóa của các phân tử khi tạo ra chất dẻo

■ Phản ứng trùng hợp

Polyme được tạo nên bằng sự kết nối thành chuỗi dài của các monome do sự tách các liên kết đôi của các monome thành liên kết đơn và dùng các liên kết vừa được tách ra để kết nối với monome khác tạo thành chuỗi dài.

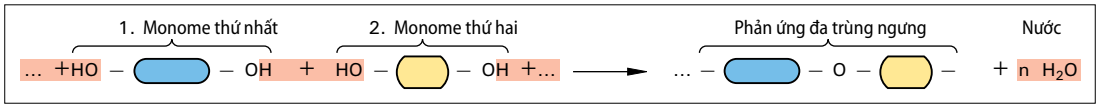
Thí dụ: Sự tạo thành polyetylen từ etylen. Đây là sự hình thành các polyme có dạng nối đơn (dạng sợi).



■ Phản ứng đa trùng ngưng

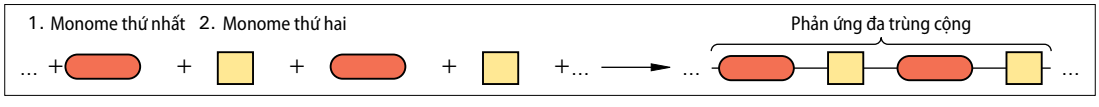
Trong phản ứng trùng ngưng các phân tử giống nhau hoặc khác nhau tự kết nối thành polyme do sự phân ly một chất có nguyên tử thấp, thí dụ như nước (H_2O) hoặc amoniac (NH_3) tách ra.

Thí dụ: Sự hình thành nhựa polyeste*. Phản ứng này hình thành các polyme kết mạng dày chặt với nhau.



■ Phản ứng đa trùng cộng

Trong phản ứng trùng cộng các monome giống nhau hoặc khác nhau kết nối lại với nhau thành polyme mà không có sự tách ra của một chất nào khác. **Thí dụ**: Sự hình thành polyuretan*. Phản ứng này tạo nên polyme do sự kết mạng dày chặt hay mỏng của các monome với nhau.



** Các ký hiệu* *trong công thức được dùng để diễn đạt cho những phần phân tử có cấu tạo phức tạp*

4.11.3 Sự phân loại theo công nghệ và cấu trúc bên trong

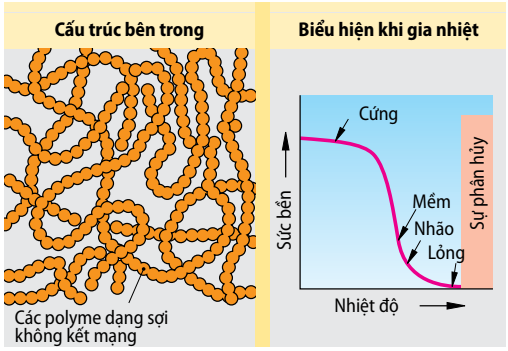
Người ta phân loại chất dẻo thành 3 nhóm dựa theo cấu trúc bên trong của chúng: Nhựa nhiệt dẻo, nhựa nhiệt rắn và vật liệu đàn hồi. Mỗi nhóm chất dẻo sở hữu một cấu trúc bên trong điển hình có phản ứng cơ học tương tự khi nung nóng.

■ Nhựa nhiệt dẻo (chất dẻo nhiệt)

Nhựa nhiệt dẻo được hình thành từ các polyme có dạng sợi không liên kết ngang với nhau (**Hình 1**). Các loại nhựa này có độ bền do sự đan kết của các polyme và các lực ma sát tác động giữa chúng. Ở nhiệt độ bình thường nhựa nhiệt dẻo có tính đàn hồi cứng. Khi nhiệt độ gia tăng tính đàn hồi tăng lên, ở nhiệt độ cao tiếp tục chúng trở nên mềm dẻo và cuối cùng sẽ chuyển sang thể lỏng. Khi làm nguội khối nhựa nóng này, chúng sẽ thay đổi trạng thái từ lỏng sang mềm rồi đàn hồi và cuối cùng trở lại thành cứng.

Nhựa nhiệt dẻo có tính biến dạng nóng và có thể và hàn được.

Vì các vật liệu này trở nên mềm khi được gia nhiệt nóng nên người ta gọi chúng là nhựa nhiệt dẻo (từ tiếng Hy Lạp thermo= nhiệt). Khi sự gia nhiệt vượt quá ngưỡng nhiệt độ giới hạn, chúng tự phân hủy.

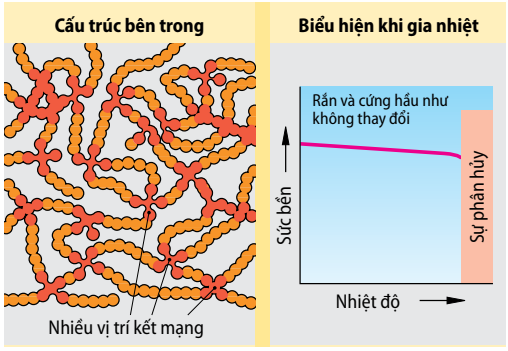


Hình 1: Nhựa nhiệt dẻo

■ Nhựa nhiệt rắn

Nhựa nhiệt rắn (Chất dẻo cứng, nhựa phản ứng nóng) hình thành từ các polyme được kết mạng dày chặt với nhau tại nhiều vị trí bằng các liên kết hóa học (**Hình 2**). Nhựa nhiệt rắn thay đổi cơ tính rất ít khi bị nung nóng vì các liên kết ngang không để các polyme chuyển dịch.

Do sự bền vững của độ cứng và độ bền cả trong khi nung nóng nên người ta gọi các vật liệu này là nhựa nhiệt rắn *(từ tiếng Latin: durus = cứng)*. Khi nung nóng vượt qua khỏi nhiệt độ phân hủy, các nhựa nhiệt rắn này sẽ tự phân hủy mà không qua trạng thái mềm.

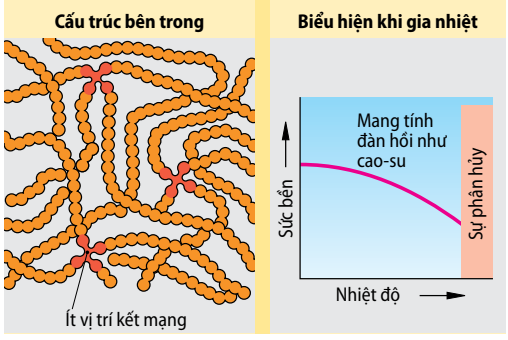


Hình 2: Nhựa nhiệt rắn

Chất dẻo nhiệt rắn không thể biến dạng và không thể hàn được.

■ Nhựa đàn hồi (Elastomere)

Nhựa đàn hồi được cấu tạo từ các chuỗi polyme cuộn tròn lại với nhau và thêm vào đó, được kết mạng thưa tại một vài vị trí (**Hình 3**). Qua sự tác động của lực bên ngoài, nhựa đàn hồi có thể biến dạng đàn hồi nhiều lần so với kích cỡ ban đầu và trở lại dạng ban đầu sau khi không còn lực tác động. Người ta gọi chất dẻo mang tính đàn hồi này như cao-su là nhựa đàn hồi. Khi bị nung nóng tính chất đàn hồi cao su chỉ bị thay đổi rất ít, chúng chỉ trở nên mềm hơn một tí. Khi nung quá cao chúng sẽ tự phân hủy.



Hình 3: Nhựa đàn hồi

Nhựa đàn hồi có tính co giãn như cao su, không thể biến dạng nóng và không thể hàn được.

4.11.4 Nhựa nhiệt dẻo

Nhựa nhiệt dẻo được xem là nhóm chất dẻo lớn nhất về số lượng. Điều này nằm ở chỗ có nhiều loại nhựa nhiệt dẻo với những thuộc tính hoàn toàn khác nhau và trước hết là các sản phẩm được sản xuất với số lượng lớn có giá thành hợp lý bằng đúc phun và ép đùn.

Ngoài ra chúng có thể được gia công tiếp tục qua biến dạng nóng và hàn.

■ Polyethylen (PE)

Đặc tính: không màu sắc, mềm như sáp, bề mặt trơn. hình dạng chịu nhiệt ổn định đến 80^{0}C, có độ bền chịu axit và kiềm. Có thể được sản xuất hàng loạt với giá thành thấp.

Polyethylen áp suất thấp: Cứng, khó uốn cong

Polyethylen áp suất cao: Mềm, dễ uốn cong.

Ứng dụng: PE-áp suất thấp (cứng): Bình chứa, ống dẫn, bồn chứa dung tích lớn, vòng ổ bi (**Hình 1**). PE-áp suất cao (mềm): Vòi, màng đàn hồi để đóng gói bao bì và co rút bằng nhiệt.

Hình 1: Ứng dụng điển hình của Polyethylen

■ Polypropylen (PP)

Đặc tính: Rất giống PE- Áp suất thấp (cứng), tuy nhiên có thể chịu nhiệt lên đến 130^{0}C mà vẫn không bị biến dạng. **Ứng dụng**: Các bộ phận trong máy giặt, các bộ phận xe ô-tô, thùng chứa, bình nhiên liệu.

Hình 2: Ứng dụng điển hình của PVC

■ Polyvinylchlorid (PVC)

Đặc tính: không màu, bền đối với hóa chất

PVC-cứng: Cứng, dai, khó bẻ gãy.

PVC-mềm: có tính đàn hồi như cao su mềm hay giống như da động vật. PVC cứng được trộn thêm chất phụ gia gọi là chất làm mềm để chế tạo PVC mềm.

Ứng dụng: PVC cứng: Ống dẫn nước thải, vỏ/khung, khung cửa sổ, van. PVC mềm: simili (da giả), vòi, giày ống cao, găng tay bảo hộ, vỏ bọc dây dẫn điện (**Hình 2**).

Hình 3: Ứng dụng điển hình của Polystyren

■ Polystyren (PS)

Đặc tính: Chất lượng bề mặt cao, có sức bền chịu axit loãng và kiềm. Polystyren nguyên chất rất cứng, giòn và dễ vỡ/gãy khi bị va đập. **Polystyren đồng trùng hợp**. Tính giòn của polystyren sẽ bị loại bỏ khi được trộn thêm acrynitril, butadien có tính đàn hồi như cao-su hoặc cả hai (các polyme đồng trùng hợp ABS, SAN và ASA). Bằng cách này người ta có được các loại nhựa cứng và dai chịu được va đập. **Ứng dụng**: Vỏ máy và thiết bị, vỏ bảo vệ ô-tô và các bộ phận được định dạng bằng vật liệu xốp (chất dẻo bọt) (**Hình 3**).

Polystyren xốp: Polystyren được tạo xốp bằng chất tạo bọt là vật liệu xốp cứng với cấu trúc có nhiều lỗ rỗng bên trong có tỷ trọng thấp koảng 0,02 kg/dm^3 và có tính cách nhiệt tốt. Tên thương mại: Styropor, Hostapor. **Ứng dụng**: Tấm cách nhiệt, vật liệu đóng gói.

■ Polycarbonate (PC)

Đặc tính: trong và sáng như thủy tinh, không bị khúc xạ. Độ bền cao, dai chịu va đập, không vỡ. bền chịu axit loãng và kiềm. Tính bền nhiệt ít bị biến dạng, ổn định kích thước cao, cách điện tốt, dễ gia công bằng đúc phun. Tỷ trọng ϱ: 1,2 kg/dm^3 (trọng lượng nhẹ hơn bằng nửa kính thủy tinh cửa sổ bình thường). **Ứng dụng**: Kính không vỡ, quạt gió, công tắc điện và ổ cắm điện, thiết bị vẽ (**Hình 4**).

Hình 4: Ứng dụng điển hình của Polycarbonat

■ Polyme pha trộn

Polyme pha trộn là hỗn hợp của nhiều loại chất dẻo khác nhau (từ tiếng Anh, blend = sự pha trộn). Polyme pha trộn có những đặc tính của từng các chất dẻo riêng rẽ được phối trộn với hau.

Thí dụ: Chất pha trộn ASA + PC là một hỗn hợp chất dẻo từ polyme liên hợp Acrylnitril/Styren/Acrylester và Polycarbonat. Nó có tính bền không biến dạng đến 120^{0}C, sức bền chống lại ảnh hưởng của thời tiết và oxít hóa *(biểu hiện lão hóa)*, thích hợp tốt cho đúc phun.

Ứng dụng: Vỏ/khung, các bộ phận ô tô và bộ phận điện (**Hình 1**).

■ Polyamide (PA)

Đặc tính: Trắng đục như sữa, có bề mặt bóng nhẵn và khả năng chống mài mòn. Có tính bền chịu hóa chất và dung môi. Cứng và dai, sức bền kéo cao đến 70 N/mm^2.

Ứng dụng: Bánh răng, bạc bợ trục, rế ổ bi, đường ray trượt, vỏ bọc bộ phận hút không khí của ô tô (**Hình 2**).

Sợi polyamid: poyadmid có thể được kéo thành sợi (Perlon, Nylon) có thể dệt ra vải bền chắc, dây buôc, dây thừng.

■ Kính acryl (PMMA), Polymethylmethacrylat

Đặc tính: Không màu, trong suốt, bền sáng (không bị ánh sáng làm phai mờ), có thể gia công chế tạo kính quang học. Cứng, dai, khó vỡ, tính bền chịu axit loãng, chất kiềm cũng như ảnh hưởng của môi trường, hòa tan trong một vài loại dung môi. Tỷ trọng ϱ = 1,18 kg/dm^3 (trọng lượng nhẹ hơn nửa kính cửa sổ).

Ứng dụng: Kính bảo hộ, vỏ bọc trong suốt, kính mái nhà, bộ phận cho sản phẩm vệ sinh, đèn chiếu hậu (**Hình 3**).

■ Polytetraflouretylen (PTFE)

Đặc tính: màu trắng sữa, mềm như sáp, bề mặt có tính trơn trượt, mềm, dễ uốn và dai, chống mài mòn. Có tính bền đối với phần lớn các hóa chất thông thường. Tính bền nhiệt cao: từ -150^{0}C đến +280^{0}C. Tỷ trọng ϱ=2,2 kg/dm^3. Tên thương mại: Hostaflon TF, Teflon.

Ứng dụng: Bạc bợ trục, đường ray trượt dẫn hướng, đệm kín, lớp phủ, dung dịch bôi trơn (**Hình 4**).

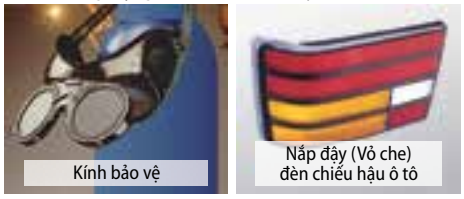
■ Polyoximetylen (POM)

Đặc tính: màu trắng sữa, bề mặt trơn, chống mài mòn, sức bền cao, độ cứng và độ bền vững cao, độ dai lớn ngay cả ở nhiệt độ thấp, giảm chấn tốt (phù hợp tốt cho khớp khóa nhanh). Tính bền chịu dung môi (Bền kháng dung môi), axit loãng và kiềm, gia công dễ dàng.

Ứng dụng: Bánh răng, các mắt xích, móc cẩu (**Hình 5**).

Hình 1: **Ứng dụng của polyme pha trộn**

Hình 2: **Ứng dụng điển hình của Polyamid**



Hình 3: **Ứng dụng điển hình của kính Acryl**

Hình 4: **Ứng dụng điển hình của PTFE**

Hình 5: Các bộ phận từ POM

Hình 6: **Ứng dụng điển hình của PBT**

■ Polybutylenterephthalat (PBT)

Đặc tính: có màu ngà voi, bề mặt trơn láng và chống mài mòn, độ bền vững cao, không bị biến dạng đến khoảng 140^{0}C. Có tính bền đối với nhiên liệu, chất bôi trơn và dung môi, dễ gia công và có tính cách điện tốt.

Ứng dụng: bộ phận điện, vỏ máy, bo mạch điện tử (**Hình 6**).

4.11.5 Nhựa nhiệt rắn

Nhựa nhiệt rắn hoặc là sản phẩm đã hoàn tất để sử dụng (thí dụ vỏ bảo vệ, prôfin, chi tiết được định dạng) hay là dưới dạng bán sản phẩm ở thể lỏng làm nguyên liệu khởi đầu cho các qui trình khác, thí dụ: nhựa cơ bản, nhựa đổ khuôn, keo dán, sơn hoặc chất đệm kín. Các loại bán thành phẩm ở thể lỏng bao gồm các dạng polyme không kết mạng, bằng cách thêm vào chất hóa cứng hoặc dưới áp suất và nhiệt độ nóng, chúng sẽ kết mạng chặt chẽ lại với nhau để cho ra thành phẩm cuối cùng có hình dáng cố định. Người ta gọi quá trình này là **sự hóa cứng** và các nhựa nhiệt rắn cũng là **chất dẻo có thể hóa cứng**. Các thành phẩm nhựa nhiệt rắn sẽ hóa cứng khi đổ khuôn. Sau khi hóa cứng, các nhựa nhiệt rắn không thể biến dạng được nữa, bởi vì chúng không hóa mềm khi nung nóng. Do đó chúng cũng không thể hàn được.

Thông thường khi nung nóng, các loại nhựa nhiệt rắn có tính ổn định hơn về hình dạng so với nhựa nhiệt dẻo và tùy vào mỗi loại chất dẻo cứng, nhiệt độ có thể lên đến 220°C. Khi nung với nhiệt độ quá lớn chúng sẽ tự phân hủy, không qua giai đoạn mềm. Vì bán thành phẩm có vẻ bề ngoài như dạng nhựa nên người ta cũng gọi chúng là **nhựa nhiệt cứng**.

■ Nhựa polyeste (UP) không no (chưa bão hòa)

Đặc tính: Không màu, trong như thủy tinh với bề mặt bóng. Nhựa polyeste có nhiều loại, từ cứng và giòn đến dai và dẻo. Ở trạng thái nhựa lỏng có tính bám dính và tính đúc (có thể đổ khuôn được). Có tính bền chịu nhiên liệu cũng như axit loãng và chất kiềm. **Ứng dụng**: Nhựa nền cho các cấu kiện chất dẻo có gia cường sợi thủy tinh (**Hình 1**), keo dán kim loại, sơn chống trầy xước, nhựa đổ khuôn cho các mẫu đúc, nguyên liệu (nhựa gốc) cho việc tạo sợi (gia cường).

Hình 1: Ứng dụng nhựa-UP gia cường

■ Nhựa epôxy (EP)

Đặc tính: từ không màu cho đến vàng mật ong. Đàn hồi cứng, có tính dai chống va đập, khả năng dán dính trên kim loại, dễ đúc (có thể đổ khuôn tốt). Tính bền đối với axit, kiềm, dung dịch muối và dung môi yếu. Độ bền nhiệt độ đến 180°C.

Ứng dụng: Keo dán, sơn và nhựa đúc cũng như chất nhựa kết nối cho nguyên liệu đổ khuôn, lõi cát đúc khuôn và chất dẻo gia cường bằng sợi thủy tinh (**Hình 2**).

Hình 2: Ứng dụng điển hình của nhựa epôxy

■ Polyeste và nhựa epôxy gia cường sợi thủy tinh

Một phần lớn các các loại nhựa polyeste và epoxy được gia công làm ra nhựa kết dính với sợi thủy tinh để cho ra các **cấu kiện chất dẻo được gia cường bằng sợi thủy tinh** (GFK, CFK) (Trang 324).

■ Nhựa Polyuretan (PUR)

Đặc tính: vàng mật ong, trong suốt, được phân theo loại từ đàn hồi cứng và dai đến đàn hồi cao su. Khả năng bám dính tốt, tính bền chịu axit loãng, kiềm, dung dịch muối và nhiều loại dung môi, có thể tạo xốp. **Ứng dụng**: PUR cứng: bạc ổ trục, bánh răng, con lăn. PUR cứng vừa (trung bình): dây đai răng (cu-roa), đệm giảm rung, thanh giảm chấn (thanh giảm xóc) (**Hình 3**).

Hình 3: Ứng dụng của các loại nhựa polyurethan

PUR mềm: vòng đệm kín, vỏ bọc dây cáp. Polyurethan có thể được sử dụng như sơn phủ (sơn DD) hay nhựa đổ khuôn và keo dán (chất dán). Ngoài ra chúng cũng được tạo xốp: tùy theo mật độ kết mạng người ta có vật liệu xốp cứng hoặc xốp mềm, chúng được sử dụng cho vật liệu giảm nhiệt hoặc chất đệm cũng như vật liệu giảm chấn. Người ta ứng dụng **bọt xốp tích hợp PUR** cho việc phủ lớp bên trong xe ô-tô để giảm va đập (Hình 5, trang 321). Nó có bề mặt trông tương tự như da thuộc với một phần lõi của cấu kiện được tạo xốp và được hoàn thành tích hợp trong một công đoạn. Ứng dụng: vỏ bọc cho bộ phận mang phụ kiện, vô lăng (bánh lái), cửa.

4.11.6 Chất đàn hồi

Chất đàn hồi trong ngôn ngữ bình dân được gọi là cao su (tiếng Anh: rubber, viết tắt là R), phần lớn hình thành từ các polyme liên kết mạng rời (kết nối không bền). Tùy theo mức độ liên kết mạng, ta có loại cao su mềm đến cứng. Đặc tính nổi bật của chúng là có độ đàn hồi cao, ở một số loại lên đến vài trăm phần trăm.

■ Cao su thiên nhiên (NR)

Nguyên liệu gốc của cao su thiên nhiên là nhựa của một loại cây ở vùng nhiệt đới. Cao su thiên nhiên có đặc tính đàn hồi và dẻo cao nhất trong trạng thái nguội. Cao su được ứng dụng như là một thành phần trộn vào của các hợp chất cao su làm vỏ xe và các mục đích đặc biệt khác, thí dụ như bong bóng cao su hoặc bọt xốp. Hiện nay phần lớn khối lượng của chất đàn hồi đang sử dụng được sản xuất bằng phương pháp tổng hợp, thí dụ: Cao su styren-butadien, cao su acryl-butadien, cao su chloropren, cao su silicon, cao su polyuretan.

■ Cao su styrol butadien (SBR)

Đặc tính: Chịu mài mòn tốt, chịu nhiệt, chống lão hóa cao và đàn hồi tốt. **Ứng dụng**: Cao su SBR là vật liệu cao su được sử dụng nhiều nhất cho các ứng dụng thông thường (**Hình 1**). Phần lớn được đưa vào trong sản xuất vỏ xe. Hỗn hợp cao su điển hình gồm các thành phần pha trộn bên trong: 42% SBR, 18% NR, 28% bồ hóng (muội than), 12% các chất phụ gia khác. Những ứng dụng khác của cao su SBR là phớt trục quay, vòng đệm kín cho píttông (măng xét), đệm lót bằng cao su.

Hình 1: Ứng dụng điển hình của cao su SBR

■ Cao su silicon (SIR)

Đặc tính: Màu trắng sữa, không thấm nước và keo dán. Tùy phương pháp chế tạo ta có được từ đàn hồi cứng đến đàn hồi mềm. Bền đối với dầu bôi trơn, không bền đối với axit mạnh, kiềm và dung môi. Chịu nhiệt đến +180^{0}C, và đến -40^{0}C vẫn còn đàn hồi. **Ứng dụng**: măng xét, ổ cắm điện, khuôn đổ chất dẻo, chất trám các mối nối, vòng đệm kín (**Hình 2**). Dạng dung dịch: sơn cách ly, sơn chống thấm.

Hình 2: Các loại vòng đệm bằng cao su silicon

■ Nhựa đàn hồi dẻo chịu nhiệt polyurethan PUR (T)

Nhờ đặc tính biến dạng nhựa nhiệt đàn hồi, người ta có thể sản xuất các biến dạng bằng phương pháp gia công đúc phun và ép đùn với giá hợp lý.

Hình 3: Các cấu kiện bằng chất nhựa đàn hồi dẻo nhiệt polyurethan

Đặc tính: Chống mài mòn cao, bền đối với hóa chất, có các độ cứng khác nhau.

Ứng dụng: PUR (T) đàn hồi cứng được dùng để chế tạo con lăn, bánh răng, giày trượt tuyết, PUR (T) đàn hồi mềm được dùng để chế tạo vỏ bọc dây cáp, các loại vòi, măng xét đệm kín (**Hình 3**).

Ôn tập và đào sâu

1 Chất dẻo có các đặc tính điển hình nào?
2 Những đặc tính nào của chất dẻo giới hạn sự ứng dụng trong kỹ thuật?
3 Người ta phân loại chất dẻo thành những nhóm nào?
4 Tại sao nhựa nhiệt dẻo có thể hàn gắn được với nhau, còn nhựa cứng và đàn hồi thì không?
5 Ý nghĩa của các tên viết tắt PE, PA, PUR là gì?
6 Hãy nêu tên 3 loại nhựa nhiệt dẻo, tên viết tắt và ứng dụng điển hình của chúng.
7 Hỗn hợp trộn của polyme được hiểu như thế nào?
8 Tại sao người ta còn gọi chất dẻo cứng là chất dẻo có thể hóa cứng hoặc là nhựa?
9 Nhựa Polyuretan được ứng dụng để làm gì?
10 Nhựa đàn hồi biến dạng vì nhiệt có những ưu điểm nào so với các loại nhựa đàn hồi không biến dạng nhiệt và biến dạng cứng?

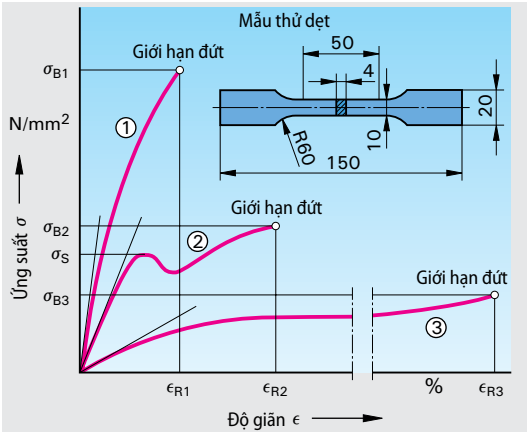
4.11.7 Kiểm tra tham số chất dẻo

■ Tham số cơ học

Thí nghiệm kéo của chất dẻo được thực hiện với các dụng cụ kiểm tra và theo cùng quá trình tương tự như đối với kim loại (trang 291). Người ta dùng thanh mẫu làm vật kiểm tra và đo lực kéo và chiều dài bị giãn ra. Các tham số này được biểu diễn trên một biểu đồ ứng suất-biến dạng (**Hình 1**). Từ đó người ta đọc được các tham số cơ học: **Độ bền kéo σ_B, ứng suất chảy σ_s** (nếu có) và **độ giãn dài giới hạn ε_R**.

Dựa theo sự biến dạng người ta phân biệt 3 loại chất dẻo:

- Chất dẻo cứng vững như polystyren, PVC-cứng hoặc PMMA ①. Tham số quan trọng nhất là độ bền kéo σ_B.
- Chất dẻo cứng nhưng uốn được (linh động) diễn đạt với ứng suất chảy σ_s một cách rõ rệt, thí dụ: polyethylen cứng hay poly amid ②
- Chất dẻo đàn hồi như cao su với độ giãn dài giới hạn lớn ϵ_R (độ giãn dài tới đứt ϵ_R), thí dụ: Cao su styren-butadien hoặc poly-ethylen mềm ③



Hình 1: Biểu hiện biến dạng của các loại chất dẻo khác nhau trong biểu đồ ứng suất-biến dạng

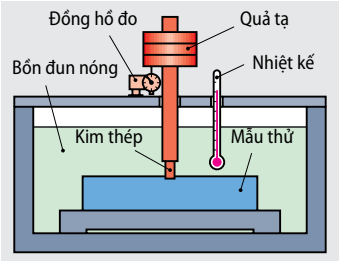
Một tham số khác cũng quan trọng là **modun đàn hồi *E***, nói lên chỉ số bền vững (độ cứng) của vật liệu. Nó là tỷ số của ứng suất và độ giãn ($E = \sigma/\epsilon$) và là độ dốc của đường biểu diễn ứng suất-biến dạng lúc bắt đầu (Hình 1).

Độ cứng của chất dẻo được kiểm tra hoặc bằng **phương pháp nén bi** (**phương pháp đo độ cứng theo vết ấn của bi**) (tương tự như kiểm tra độ cứng HRB Rockwell, trang 295) hoặc **phương pháp đo độ cứng qua vết xuyên nhọn theo Shore**.

Độ rão của chất dẻo, nghĩa là sự biến dạng tăng tiến chậm ngay cả khi chịu lực thấp nhưng kéo dài, được kiểm tra bằng **thử nghiệm kéo biến dạng với lực kéo không đổi trong thời gian dài**. Với thí nghiệm này, mẫu thí nghiệm chất dẻo chịu tải trong nhiều tuần thậm chí nhiều tháng với ứng suất kéo cố định và kích thước độ giãn qua đó được đo lại.

■ Tham số cho tính bền dạng (độ ổn định kích thước) ở nhiệt độ cao

Nhiệt độ hóa mềm Vicat (điểm biến dạng, điểm hóa mềm) dùng để ước tính nhiệt độ giới hạn trên cho phép trong thời gian ngắn, dưới tác động của một lực nhất định mà không có sự biến dạng.



Hình 2: Kiểm tra nhiệt độ hóa mềm Vicat

Để kiểm tra, một cây đinh thép có tiết diện 1mm² được nén với một lực 50 N lên một mẫu chất dẻo (**Hình 2**). Mẫu được đặt trong một buồng gia nhiệt, trong đó nhiệt độ được tăng dần với tốc độ gia nhiệt 50°C/giờ. Tại nhiệt độ mà đinh thép đâm sâu vào 1mm, người ta gọi đó là nhiệt độ hóa mềm Vicat VST B/50. Sau 20000 giờ (khoảng 2,3 năm) độ bền của chất dẻo giảm xuống còn 50% ban đầu tại nhiệt độ sử dụng thì nhiệt độ đó được gọi là **nhiệt độ sử dụng lâu dài** (dài hạn).

■ Các thuộc tính chất dẻo đặc biệt

Với những phương pháp kiểm tra đặc biệt, các đặc tính sau đây của chất dẻo được kiểm tra:

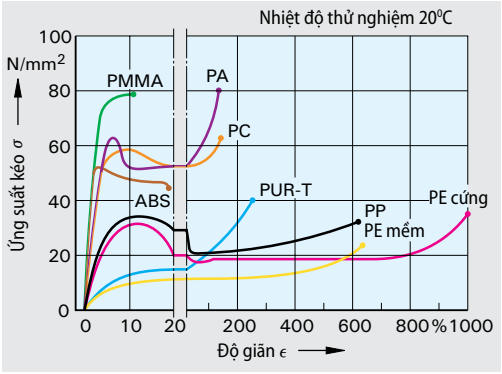
- Dễ bắt lửa và dễ bốc cháy
- Sức bền chịu ảnh hưởng thời tiết, lão hóa và hóa chất
- Khả năng trượt với các loại chất dẻo khác
- Hóa giòn ở nhiệt độ thấp
- Khả năng cách điện
- Hấp thụ nước khi được ngâm trong nước

4.11.8 Các tham số của các loại chất dẻo quan trọng

■ Độ bền kéo, ứng suất chảy (giới hạn chảy)

Các đường biểu diễn đặc trưng tương ứng với các loại chất dẻo khác nhau (**Hình 1**). Các loại chất dẻo cứng chắc như Polyamid (PA), Polycarbonat (PC), Acryglas (PMMA) và các loại copolyme polystyren (polstyren đồng trùng hợp) (loại ABS) có độ bền kéo hoặc ứng suất chảy từ 50 N/mm² đến 40 N/mm².

Các loại chất dẻo ít cứng hơn như polyethylen (PE) và polyurethan (PUR-T) có trị số từ 30 N/mm² đến 40 N/mm². So sánh những trị số độ bền kéo này với thép đủ loại từ 300 N/mm² đến 1500 N/mm², ta nhân ra chất dẻo chỉ thích hợp cho các cấu kiện chịu tải thấp. Được sự gia cường với sợi thủy tinh hoặc sợi carbon dai cứng ta có được chất dẻo gia cường có độ bền kéo tương tự như thép không có hợp kim (thép carbon).

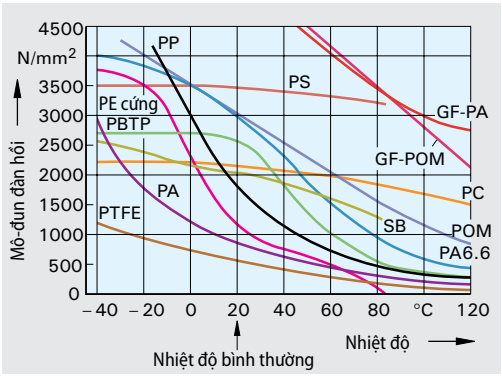


Hình 1: Biểu đồ ứng suất - biến dạng của các loại chất dẻo khác nhau

■ Độ cứng vững (độ bền vững, độ giòn, độ rắn)

Môđun đàn hồi, nói lên đặc tính bền vững về hình dạng của một vật liệu, có trị số từ 500 N/mm² đến 3500 N/mm² của nhiều loại chất dẻo khác nhau ở nhiệt độ thường (**Hình 2**). Thông thường trị số này sẽ giảm mạnh khi nhiệt độ gia tăng.

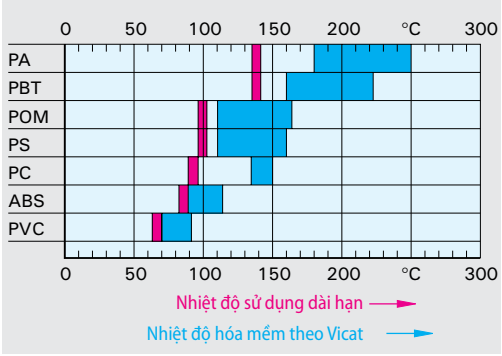
So sánh với thép có trị số môđun đàn hồi E = 210000 N/mm², như thế người ta nhận ra được độ cứng vững của các loại chất dẻo nhỏ hơn một cách cơ bản. Vì thế chất dẻo không gia cường không phù hợp được cho việc chế tạo các bộ phận phải chịu tải cơ học cao. Chất dẻo gia cường, thí dụ như Polyamid được gia cường bằng sợi thủy tinh (GF-PA), có một trị số môđun đàn hồi cao hơn rõ rệt và như thế có độ rắn cao hơn. Chúng cũng có tính chống rão cao, kết hợp với tỷ trọng thấp khoảng 2 kg/dm³, vật liệu này thích hợp để chế tạo kết cấu nhẹ có sức chịu tải lớn (chế tạo ô tô và phi cơ).



Hình 2: Sự lệ thuộc vào nhiệt độ của mô đun đàn hồi E (độ cứng vững) ở các loại chất dẻo khác nhau

■ Tính bền ở nhiệt độ cao

Nhiệt độ hóa mềm Vicat, có tính quyết định cho việc sử dụng ngắn hạn của chất dẻo chỉ ra một băng thông sử dụng cho các loại chất dẻo khác nhau. Trong khi PVC giữ được ổn định kích thước chỉ đến gần khoảng 70°C, polyamid lại giữ được hình dạng ổn định (có độ bền dạng) đến khoảng 200°C (**Hình 3**). Khi sử dụng lâu dài, ngay cả với các loại chất dẻo có khả năng giữ hình dáng ổn định tốt, vẫn phải giới hạn việc sử dụng ***ở nhiệt độ sử dụng dài hạn*** đặc trưng. Thí dụ như polyamid có nhiệt độ sử dụng dài hạn đặc trưng là khoảng 130°C (Hình 3).



Hình 3: Độ bền nhiệt của các loại chất dẻo

Ôn tập và đào sâu

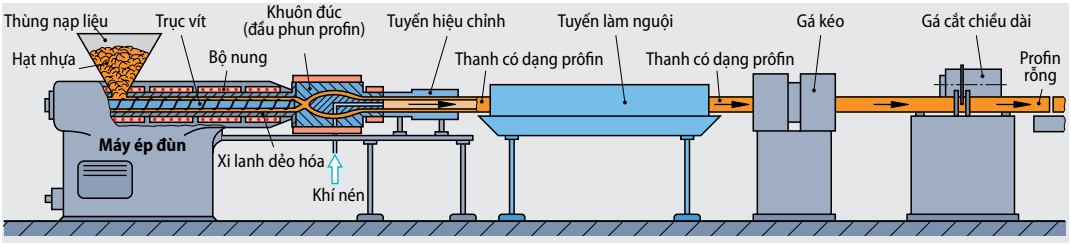
1 Người ta đo tính bền hình dạng của một chất dẻo khi nung nóng bằng những tham số nào?
2 Chất dẻo có độ bền kéo và độ cứng (môdun đàn hồi) nào so với thép?

4.11.9 Sự gia công định hình chất dẻo

Các nguyên liệu thô của các chất dẻo nhiệt và chất đàn hồi được cung cấp từ các nhà sản xuất dưới dạng hạt kích cỡ nhỏ trung bình (bằng cỡ các hạt đậu hoặc dưới dạng dải băng) và nhựa nhiệt rắn dưới dạng bột hoặc chất lỏng hay bột nhão. Chúng được gia công bằng nhiều phương pháp khác nhau cho ra dạng **bán thành phẩm** (ống dẫn, thanh, prôfin) hoặc **các phôi định hình** khác. Chất dẻo nhiệt và chất đàn hồi dẻo nhiệt được gia công bằng ép đùn và đúc phun. Chất dẻo cứng và chất đàn hồi không phải nhựa nhiệt dẻo được gia công định hình bằng phương pháp ép định hình hoặc cũng bằng đúc phun.

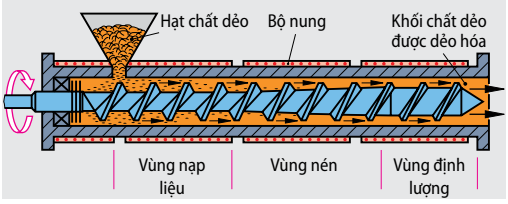
4.11.9.1 Ép đùn (Đúc ép)

Người ta hiểu ép đùn là sự sản xuất liên tục một thanh (sợi, ống) chất dẻo dài vô tận (không ngừng) với một máy ép trục vít được gọi là máy ép đùn (**Hình 1**).

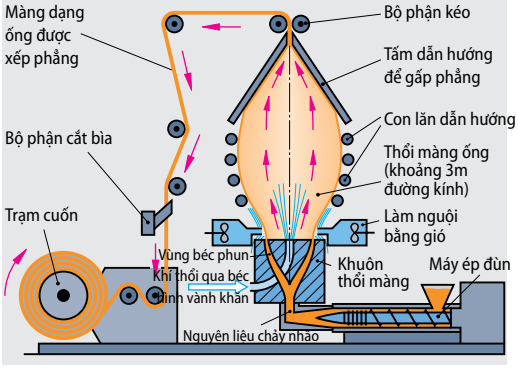


Hình 1: Thiết bị ép đùn để sản xuất profin rỗng

Máy ép đùn là một máy đúc ép sản phẩm dạng thanh bằng trục vít được gia nhiệt và hoạt động liên tục với một khuôn định hình phía trước, gọi là đầu phun (béc) prôfin. Nguyên liệu chất dẻo ban đầu dạng hạt được chuyển hóa bên trong máy ép đùn thành khối để định hình. Bộ phận quan trọng nhất của máy ép đùn là một trục vít 3 vùng (với 3 kích thước) (**Hình 2**). Trong vùng nạp liệu của trục vít, hạt chất dẻo được đưa vào, ép và bắt đầu gia nhiệt. Trong vùng nén, nguyên liệu tiếp tục được nung nóng, nén chặt, thải khí và được nhào trộn. Tại vùng định lượng nguyên liệu được tiếp tục nhào trộn và đồng hóa. Qua việc gia nhiệt, khối nguyên liệu trở thành một khối chất dẻo sệt chảy được. Trục vít quay tạo ra một áp lực, ép khối chất dẻo sệt chảy nhanh qua đầu phun profin, cho ra thành các thanh định hình. Tùy theo profin mà các thanh được định hình khác nhau. Nó được dẫn tiếp đến đoạn hiệu chỉnh kích thước và đoạn làm nguội để hóa rắn. Các bán thành phẩm khác nhau có thể được chế tạo bằng cách thay đổi khuôn định dạng (đầu phun profin). Sản phẩm của máy ép đùn điển hình là các loại profin, ống, thanh, tấm, băng.



Hình 2: Trục vít 3 vùng trong xi lanh dẻo hóa



Hình 3: Chế tạo màng mỏng bằng ép thổi

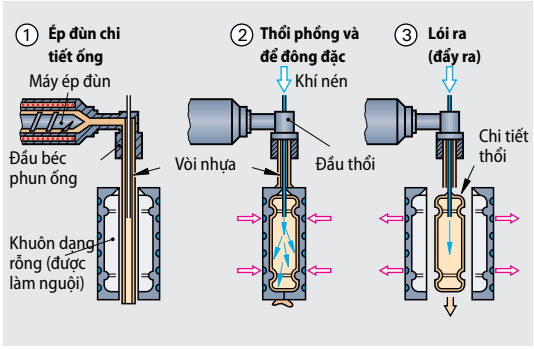
Băng trải chất dẻo và màng dầy được chế tạo bằng phương pháp **cán láng**, có nghĩa là dùng ru-lô gia nhiệt cán mỏng băng phẳng được chế tạo từ máy ép đùn.

Màng mỏng (10 µm đến 30 µm) được chế tạo bằng hai phương pháp: Trong **phương pháp ép đùn màng mỏng** băng chất dẻo mỏng được ép đùn từ đầu phun khe hẹp khổ rộng, được cán nóng bằng rulô tiếp theo đó và được kéo giãn nguội cho đến khi băng chất dẻo trở thành màng mỏng với bề dày ấn định trong phương pháp ép đùn màng mỏng. Trong **phương pháp ép đùn thổi** khối chất dẻo được ép đùn qua một đầu phun có khe hình vành khăn cho ra một ống mỏng, tiếp đó được thổi giãn dài ra thành màng mỏng (**Hình 3**).

Thổi ép đùn

Vật thể rỗng như bồn chứa, thùng chứa và can chứa chất lỏng được chế tạo qua nhiều bước gia công thổi ép đùn (**Hình 1**).

Chất dẻo dạng ống còn nóng có thể định dạng, được chuẩn bị gia công trong máy ép đùn và được dẫn vào một khuôn định dạng rỗng ①. Sau khi đóng kín khuôn rỗng, gió được thổi vào bên trong vòi và ép sát vòi vào thành khuôn rỗng được làm nguội. Tại đây nó sẽ đông cứng lại và có hình dáng của khuôn ②. Kế đến khuôn mở ra và đẩy thành phẩm rơi ra ngoài ③. Sau đó khuôn đóng lại và một chu kỳ gia công mới bắt đầu.



Hình 1: Thổi ép đùn vật thể rỗng

4.11.9.2 Đúc phun (đúc phun xịt, đúc áp lực)

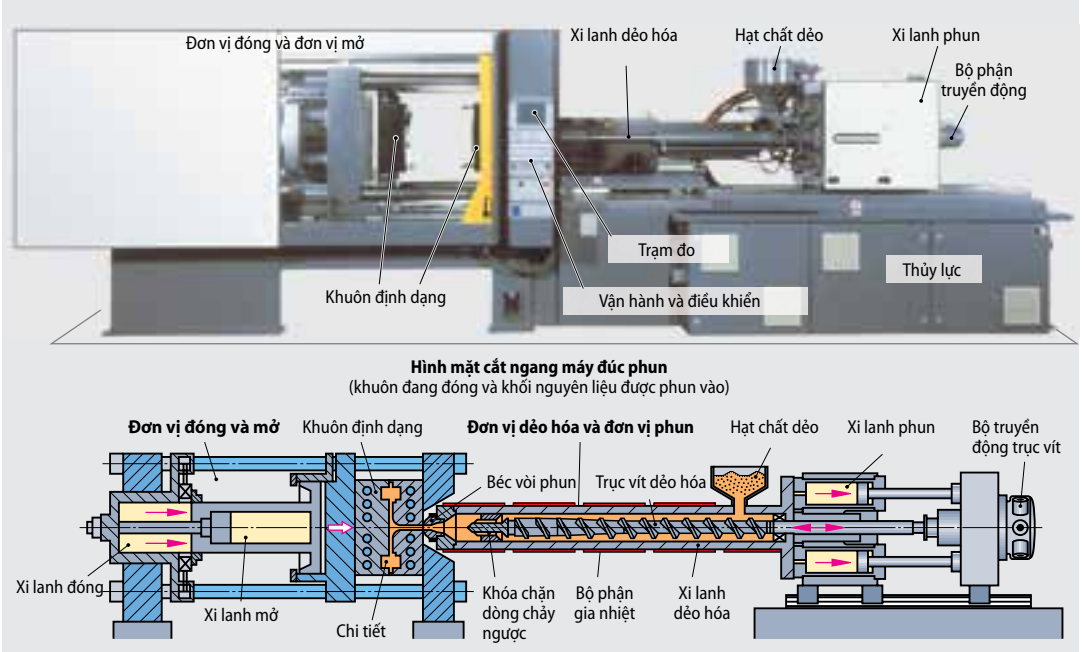
Khối chất dẻo được phun xịt vào khuôn rỗng theo chu trình để sản xuất ra chi tiết định dạng có hình thể phức tạp.

Những ưu điểm của đúc phun:

- Sự định dạng trực tiếp trong một công đoạn từ nguyên liệu ra thành phẩm.
- Chi tiết không cần phải thêm khâu gia công hoàn chỉnh phụ, nếu có thì chỉ rất ít.
- Quy trình có thể hoàn toàn được tự động hóa và có khả năng tái sản xuất thành phẩm cao.

■ Máy đúc phun

Máy đúc phun là một tổ hợp trên cùng một bệ máy của một bộ phận hóa dẻo và một bộ phận khuôn định dạng gồm hai phần, với đơn vị đóng và đơn vị mở (**Hình 2**).



Hình 2: Máy đúc phun

Bộ phận dẻo hóa gồm có một xi lanh dẻo hóa với trục vít và xi lanh phun (Hình 2, trang 317, bên dưới). Trục vít có cấu tạo tương tự như một máy ép đùn. Nó có thêm một bộ phận chặn dòng chảy trở về, xi lanh dẻo hóa có đầu béc phun có thể khóa lại được.

Bộ phận đóng và mở có một xi lanh đóng và một xi lanh mở. Xy lanh đóng có hai chức năng: đóng khuôn và giữ khuôn kín, chống lại áp lực phun. Sau quá trình làm nguội, khuôn được mở tách ra do xy lanh mở và thành phẩm có thể do cơ cấu lói ra (đẩy ra) hoặc đưa ra khỏi khuôn bằng khí nén. Xy lanh dẻo hóa hoạt động liên tục. Nó vận chuyển, nhào nặn, nung nóng và dẻo hóa khối nguyên liệu đạt đúng nhiệt độ và độ nhớt sao cho nguyên liệu có khả năng chảy được chuẩn bị sẵn sàng cho việc đúc phun.

■ Chu trình gia công trong đúc phun

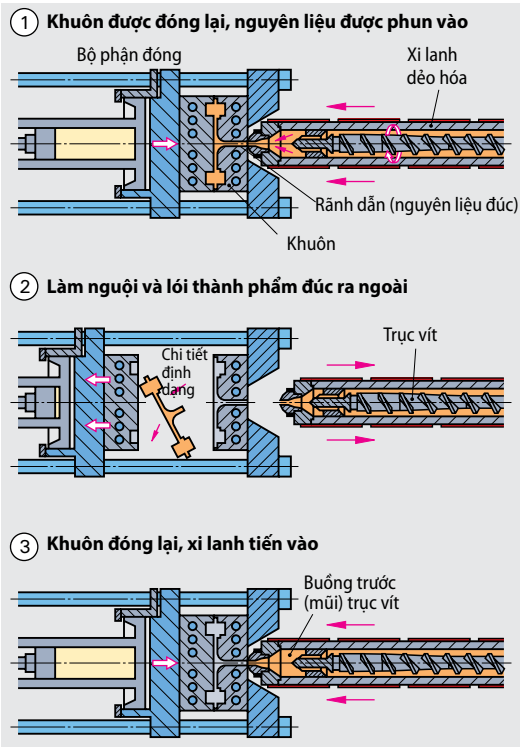
Đúc phun được thực hiện theo chu trình hoạt động của các cụm máy (**Hình 1**).

Khuôn đóng lại và phun

Sau khi khuôn hai mảnh đóng lại, xi lanh dẻo hóa di chuyển với đầu béc phun về phía trước áp sát vào lỗ đậu rót khuôn. Pít-tông của xi lanh đẩy ấn trục vít về phía trước, ép lượng chất dẻo chảy tự do qua rãnh dẫn đi vào bên trong khuôn ① có hình dạng của thành phẩm. Trục vít quay gia tăng áp lực phun và ép tiếp tục lên lượng chất dẻo để cân bằng sự co rút trong giai đoạn làm nguội sau đó. Áp lực phun tối đa lên đến 2000 bar. Không khí trong buồng khuôn rỗng thoát ra ngoài xuyên qua mặt phân cách khuôn.

Làm nguội và tách rời thành phẩm.

Trong đúc phun nhựa nhiệt dẻo, cả hai nửa mảnh khuôn được làm nguội. Lượng vật thể đông cứng bắt đầu từ thành khuôn và giữ lại hình dạng cuối cùng của nó. Khi đậu rót của thành phẩm đông cứng, vòi phun đóng lại và xi lanh dẻo hóa được kéo trở về phía sau. Sau thời gian làm nguội khuôn mở ra và thành phẩm được đẩy ra ngoài bằng khí nén ②.



Hình 1: Chu trình hoạt động trong đúc phun

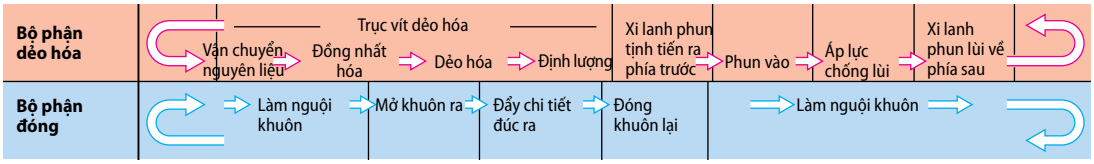
Khuôn đóng lại, xi lanh tiến sát vào.

Khuôn được đóng lại. Trục vít quay vận chuyển và đồng thời dẻo hóa khối nguyên liệu ép khuôn và tạo nên áp lực phun cần thiết. Áp lực này đẩy trục vít trở lại và tập hợp (định lượng) phần nguyên liệu từ bên ngoài vào phòng trước của trục vít (nạp liệu), nó sẽ được phun vào khuôn trong hành trình phun. Khi đạt được áp lực phun, đơn vị phun tiến sát vào khuôn ③ và một chu kỳ gia công mới lại bắt đầu ①.

■ Tự động hóa đúc phun

Trục vít dẻo hóa được khởi động bằng động cơ thủy lực. Sự chuyển động của xi lanh phun và của đơn vị đóng khuôn hoạt động bằng xi lanh thủy lực hoặc bằng bộ truyền động điện.

Một đơn vị tự động hóa điều khiển các chu trình gia công được kết hợp tuần tự của đơn vị hóa dẻo và đơn vị đóng (**Hình 2**), giúp cho máy đúc phun có thể tự vận hành tiếp tục.



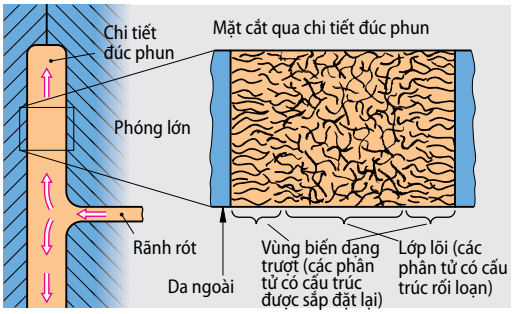
Hình 2: Chu trình hoạt động đồng bộ trong bộ phận dẻo hóa và bộ phận đóng

■ Các thông số của quy trình đúc phun

Người ta chỉ nhận được sản phẩm đúc phun hoàn hảo với những trị số điều chỉnh được kết hợp của loại vật liệu nhựa dẻo, máy đúc phun cũng như khuôn đúc và kích cỡ chi tiết. Các thông số quy trình được đo đạc tại nhiều vị trí khác nhau của máy đúc phun và được điều chỉnh theo các trị số yêu cầu. Các thông số quy trình quan trọng nhất là nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ khuôn cũng như áp suất phun.

Nhiệt độ nóng chảy. Khả năng chảy (di chuyển) của lượng nguyên liệu đúc được điều chỉnh tùy theo nhiệt độ nóng chảy. Nó lệ thuộc tùy theo mỗi loại chất dẻo, thí dụ nằm trong khoảng từ 200°C đến 250°C đối với polyuretan dẻo nhiệt và trong khoảng từ 260°C đến 300°C đối với polyamid và polycacbonat. Nếu điều chỉnh nhiệt độ nóng chảy quá thấp sẽ dẫn đến việc không đổ đầy khuôn hoàn toàn, ngược lại nhiệt độ nóng chảy quá cao sẽ gây hư hại cho khối nguyên liệu đúc.

Nhiệt độ khuôn quyết định cho tính năng làm nguội của khối nguyên liệu đúc và sự đông cứng trong sản phẩm. Nhiệt độ làm nguội thấp sẽ dẫn đến một sự sắp xếp sâu rộng của polyme bên trong chi tiết đúc (**Hình 1**). Điều này có tác dụng đến đặc tính cơ học của nó. Thông thường nhiệt độ khuôn nằm trong khoảng từ 80°C đến 120°C. Ở nhiệt độ này vật đúc dễ uốn cong khi được đẩy khỏi khuôn mà không bị biến dạng.



Hình 1: Cấu trúc bên trong một chi tiết đúc phun

Áp lực phun và áp lực bổ sung. Áp lực phun phải được tính toán sao cho hợp lý, để có được một vận tốc phun tác động một dòng chảy đều đặn không thay đổi của nguyên liệu vào bên trong khuôn, dẫn đến một sự điền đầy hoàn toàn và liền mạch của hốc khuôn (khoảng trống của khuôn). Việc này được thực hiện với kích thước đường kính béc phun có sẵn và bằng khả năng chảy đã chỉnh trước của nguyên liệu qua nhiệt độ nóng chảy. Như thế áp lực bên trong khuôn ở giai đoạn phun trước tiên phải chậm và sau đó gia tăng nhanh trong giai đoạn nén (**Hình 2**). Áp lực bổ sung cân bằng sự co rút trong thời gian làm nguội và được duy trì cho đến khi rãnh rót (đậu rót) đông cứng lại.

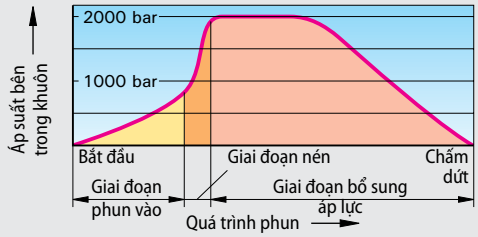
Ảnh hưởng trong giai đoạn phun:
a) khi gia công:
- Vận tốc phun
- Độ nhớt

b) đối với đặc tính của chi tiết đúc:
- Sự định hướng các polyme trong chi tiết đúc
- Chất lượng bề mặt

Ảnh hưởng trong giai đoạn nén
a) khi gia công:
Việc điền đầy một cách toàn vẹn
b) đối với đặc tính của chi tiết đúc:
- Dấu vết co rút
- Sự tạo thành hình dạng
- Sự hình thành bavia
- Sự hình thành màng nổi trên mặt

Ảnh hưởng trong giai đoạn áp lực bổ sung (giai đoạn duy trì áp lực)
a) khi gia công:
- Sự ổn định của khuôn
- Sự co rút

b) đối với đặc tính của chi tiết đúc:
- Ổn định kích thước
- Hiện tượng bọt khí (rỗ khí)
- Dấu vết co rút
- Biểu hiện khi tháo khuôn

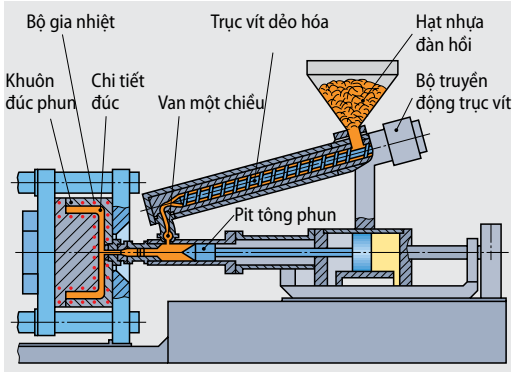


Hình 2: Áp suất bên trong khuôn và những độ lớn có ảnh hưởng trong quá trình đúc phun

■ Đúc phun nhựa nhiệt rắn và nhựa đàn hồi

Chất dẻo nhiệt rắn và chất đàn hồi có được hình dạng thể rắn bằng phản ứng hóa cứng (liên kết ngang) trong môi trường nhiệt. Điều này đòi hỏi những thông số thay đổi của quy trình, kích thước máy và các điều chỉnh khi đúc phun các loại chất dẻo này. Nhiệt độ nóng chảy trong xi lanh dẻo hóa nằm trong khoảng từ 80°C đến 120°C, tại đây chưa xảy ra hiện tượng liên kết ngang. Nhiệt độ khuôn nằm trong khoảng từ 160°C đến 200°C như thế có thể khởi đầu hiện tượng kết mạng và đông cứng. Khối nhựa nhiệt rắn được gia cường cũng có thể được đúc phun.

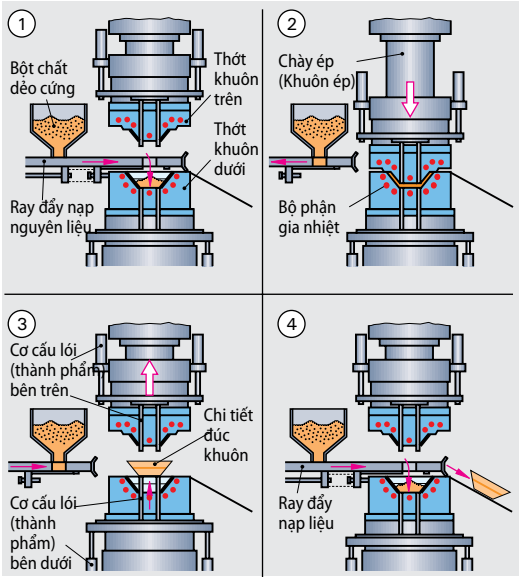
Khi đúc phun chất đàn hồi và chất đàn hồi độn xốp (Trang 320) người ta sử dụng một máy với bộ phận dẻo hóa trước bằng trục vít và bộ phận ép phun bằng pít tông tách riêng (**Hình 3**).



Hình 3: Máy đúc phun cho chất dẻo đàn hồi

4.11.9.3 Ép khuôn

Việc ép khuôn phục vụ cho sản xuất các thành phẩm bằng chất dẻo cứng được gia cường với chất độn hoặc sợi ngắn cũng như các chất đàn hồi có thể hóa cứng. Công việc này được thực hiện trên máy ép hoàn toàn tự động theo một qui trình sản sản xuất 4 giai đoạn (**Hình 1**).



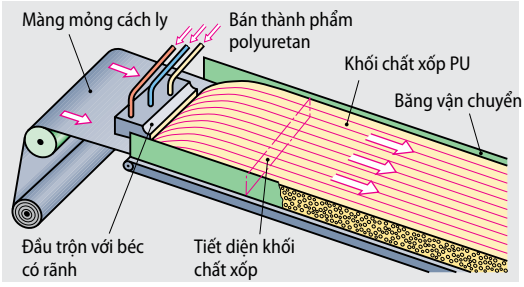
Hình 1: Các giai đoạn ép khuôn

① Một phần nhựa nhiệt rắn không kết mạng đã định lượng được hâm nóng trước cùng với chất hóa cứng và chất xúc tác trộn bên trong và đưa vào lấp đầy buồng khuôn bằng ray đẩy nạp nguyên liệu. ② Khuôn nén trên (Chày ép trên) di chuyển từ trên xuống và ép khối chất dẻo thành vật phẩm ép khuôn. Trong khi đó nguyên liệu bên trong tiếp giáp với thành khuôn được gia nhiệt, sẽ nóng chảy biến thành thể lỏng, và chi tiết được giữ yên trong vị trí như thế cho đến khi nó hóa cứng. ③ và ④ Chi tiết ép sau khi hoàn tất được đẩy lên trên khỏi khuôn bằng cơ cấu đẩy ra và gạt ngang bằng then đẩy nạp nguyên liệu. Đồng thời qua đó khối nguyên liệu mới được đưa vào lấp đầy lòng khuôn để bắt đầu cho chu trình ép kế tiếp. Người ta cải tiến chất lượng thành phẩm bằng cách nung nóng trước nguyên liệu trong một máy ép đùn. Vì thời gian hóa cứng của thành phẩm sẽ kéo dài thêm vài phút, người ta sắp xếp nhiều khuôn ép thành vòng tròn chung quanh một máy ép đùn có thể quay được (có thể đến 8 khuôn) và tiếp liệu tuần tự vào khuôn mỗi máy.

4.11.9.4 Tạo khuôn (Đổ khuôn) vật liệu xốp

Vật liệu xốp được hình thành bằng sự tạo bọt của chất dẻo thích hợp ở thể lỏng với nhiều bong bóng khí nhỏ và kế tiếp theo đó là sự hóa cứng cấu trúc này. Các bọt khí được tạo nên bằng sự phân hủy hóa học hoặc sự bốc hơi của một chất tạo bọt được trộn chung với loại chất dẻo. Hiện nay có hai loại chất xốp quan trọng nhất là chất xốp polystyren và chất xốp polyuretan.

Chất xốp polystyren (tên thương mại là Styropor) được chế tạo trong hai giai đoạn. Trước tiên polystyren hạt mịn có chứa chất làm bọt được nung nóng bằng hơi nước. Qua đó chất làm bọt sẽ bốc hơi bên trong chất dẻo và làm nổi bọt từ độ lớn khoảng 1mm đường kính thành cỡ hạt đậu. Các hạt chất xốp này sẽ chiếm chỗ tạm thời, kế đến chúng được định lượng thành phần nhỏ để nung nóng bằng hơi nước trong thời gian ngắn cho việc tạo dạng. Các thành phần hạt sẽ nở lớn ra qua tạo bọt. Sau đó chúng được rót đầy ngay lập tức vào khuôn được làm nguội (Hình 1) và tại đây chúng được ép lại với áp suất nhẹ. Các thành phần hạt kết dính lại với nhau và hóa cứng thành cấu kiện chất xốp.



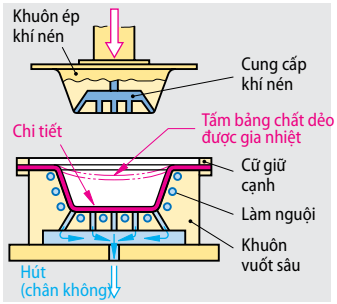
Hình 2: Tạo bọt xốp khối polyuretan

Các khối chất xốp Polyuretan được sản xuất liên tục (**Hình 2**). Từ một đầu trộn với rãnh phun, các bán thành phẩm polyuretan ở thể lỏng được phun thành lớp mỏng trên màng cách ly chạy liên tục. Các bán thành phẩm tạo phản ứng với nhau và thải khí ra khỏi chúng. Chúng cũng tự gây phản ứng để biến polyuretan còn lỏng thành khối chất xốp và hóa cứng do nhiệt phản ứng trên đường băng vận chuyển. Thành phẩm từ **chất xốp đột tích hợp polyuretan** được sản xuất bằng đúc phun của bán thành phẩm đã được trộn trong một khuôn làm nguội (Hình 3, trang 319). Qua sự làm nguội thật nhanh nơi thành khuôn chúng tạo nên một lớp bọc bên ngoài rắn chắc trong khi đó lõi bên trong được tạo xốp.

4.11.10 Những phương pháp gia công khác của bán thành phẩm và thành phẩm

■ Biến dạng nhiệt của bán thành phẩm nhựa nhiệt dẻo

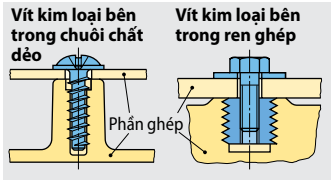
Phương pháp biến dạng nhiệt được ứng dụng để sản xuất các cấu kiện có hình thể lớn bằng nhựa nhiệt dẻo. Các sản phẩm làm nguyên liệu khởi đầu là những tấm bảng, màng cứng, thanh và ống. Chúng sẽ được gia nhiệt ở vị trí cần biến dạng và tiếp theo sau đó được uốn cong, chấn cạnh với thiết bị biến dạng hoặc được tạo dạng bên trong khuôn. Trong **phương pháp vuốt sâu chân không,** một tấm bảng chất dẻo đã nung nóng đều được hút vào bên trong lòng khuôn bằng phương pháp chân không và sẽ hóa cứng bên thành khuôn được làm nguội thành chi tiết định hình (**Hình 1**). Đối với các bộ phận lớn hơn có vỏ dày như thí dụ thân tàu, ao nhân tạo trong vườn, được ép hỗ trợ thêm bằng chày dập và khí nén bên trong khuôn.



Hình 1: Vuốt sâu chân không

■ Cắt rời và gia công cắt gọt

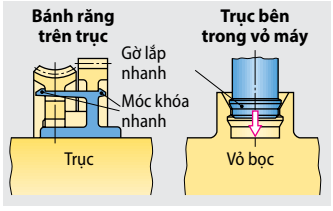
Các tấm bảng nhựa mỏng có thể được cắt ra và đục lỗ. Các miếng dầy hơn được cắt bằng cưa. Các cấu kiện chất dẻo có thể được gia công hoàn tất bằng dũa và bào thủ công. Người ta chỉ **gia công bằng máy** (Thí dụ: cưa, bào) đối với các loại chất dẻo cứng. Chúng có thể được khoan, tiện, cưa và phay. Khi gia công chất dẻo phải lưu ý là chúng có khả năng dẫn nhiệt ít hơn nhiều so với kim loại và vì thế khả năng dẫn nhiệt phát sinh sẽ rất kém. Nên sử dụng các loại dụng cụ và các trị số gia công chuẩn (Xem trong sách bảng).



Hình 2: Kết nối vít

■ Kết nối các cấu kiện

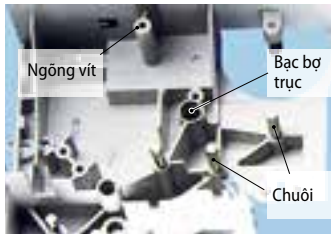
Nhựa nhiệt dẻo có thể được kết nối bằng ốc vít, kết nối tác động nhanh cũng như đổ khuôn, dán và hàn. Đối với chất dẻo cứng tất cả các phương pháp trên cũng có thể được áp dụng ngoại trừ hàn.



Hình 3: Kết nối tác động nhanh

Kết nối vít. Sự kết nối vít thông thường gồm một vít kim loại với ren tự tạo của nó trong lỗ lõi của chuôi bằng chất dẻo (**Hình 2**). Sự kết nối vít cho chịu tải cao phải sử dụng ren ghép bằng kim loại.

Kết nối nhanh. Được sử dụng thí dụ để định vị các bộ phận vỏ/khung, bộ phận lắp bánh xe, hệ thống cắm, bộ bánh răng và trục (**Hình 3**). Tùy theo cấu tạo của móc khóa nhanh hay gờ khóa nhanh mà ta có kết nối có thể tháo ra hay không tháo ra được.



Hình 4: Khung thiết bị với trục đúc dính vào và ổ trục

Đúc tháp vào (**đổ khuôn dính vào**). Các bộ phận kim loại chèn cứng trong vỏ chất dẻo của các dụng cụ nhỏ, thí dụ bạc bợ trục hay trục được đúc dính chặt (**Hình 4**). Các bộ phận kim loại được lắp vào khuôn trước khi thực hiện sự đúc phun. Nguyên liệu chất dẻo được phun vào khuôn, phủ chung quanh bộ phận được lắp vào và giữ chặt chúng không tháo ra được.

■ Dán

Nhiều loại chất dẻo có thể được nối kết chặt với nhau bằng phương pháp dán. Vị trí dán phải được xử lý trước, chất dán phù hợp được sử dụng và các bộ phận dán phải được tạo dạng thích hợp để dán đúng cách.

Hình 5: Vỏ che trần ô tô được dán từ chất xốp đột tích hợp polyuretan

Các chất dẻo có thể hòa tan (trong dung môi) như PVC, kính bằng chất dẻo acrylic PMMA (polymethylmethacrylate), polystyren, và polycarbonat được hòa với dung môi dán lên mặt dán và sau đó được ép chặt lại với nhau. Mối dán đạt được độ bền của vật liệu nền (vật liệu cơ bản). **Các chất dẻo không hòa tan** như polyuretan và chất dẻo cứng được dán bằng keo hai thành phần (**Hình 5**). Các chất dẻo không dán được là polyetylen (PE), polypropylen (PP), tetrafuoretylen (PTFE) và silicon.

■ Hàn chất dẻo

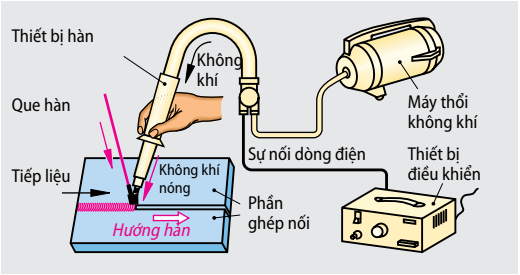
Chỉ có nhựa nhiệt dẻo mới có thể được ghép nối bằng phương pháp hàn.

Hàn khí nóng được thực hiện với một luồng không khí nóng, được tạo ra từ bên trong dụng cụ hàn bởi một bộ phận điện trở gia nhiệt (**Hình 1**). Luồng không khí nóng thoát ra từ dụng cụ hàn sẽ nung nóng các mặt ghép nối và que hàn cho đến khi biến sang thể lỏng, như vậy vật liệu cơ bản và vật liệu phụ gia (que hàn) sẽ chảy ra hòa với nhau dưới lực nén nhẹ. Vật liệu phụ gia được dẫn bằng tay hay với một bộ phận dẫn hướng.

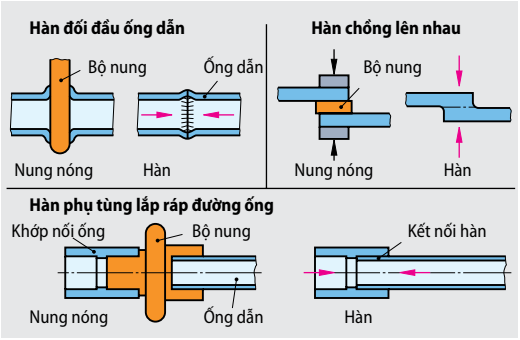
Khi **hàn bằng phần tử nung** (**bộ nung**), các mặt tiếp giáp của những phần ghép nối được nung nóng bằng cách ép sát vào một bộ nung (chèn ở giữa) cho đến khi chuyển đổi sang trạng thái nhão (**Hình 2**). Kế đến người ta kéo bộ nung ra khỏi và ép ngay những phần có mặt tiếp giáp đang nóng chảy cho đến khi chúng hoàn toàn được hàn gắn lại với nhau.

Với **hàn ma sát** người ta nối kết hai bộ phận quay tròn đối xứng như thanh hoặc ống (**Hình 3**). Để thực hiện, cả hai bộ phận này được kẹp chặt vào một máy hàn ma sát. Một bộ phận được kẹp vào trục quay và được ép sát trực tiếp vào bộ phận đối diện cho đến khi đạt được hai mặt tiếp giáp nóng lên bởi nhiệt ma sát và đạt được nhiệt độ hàn. Kế đến bộ phận quay được thắng lại đồng thời được nén vào bộ phận đối diện đang đứng yên, thời gian kéo dài cho đến khi mối hàn được hóa cứng.

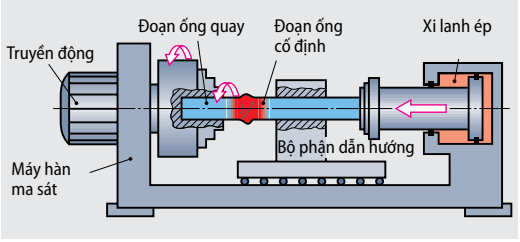
Hàn siêu âm thích hợp cho việc ghép nối những bộ phận có thành mỏng, thí dụ các vỏ bọc bên trong ô tô và cho màng mỏng. Thiết bị hàn được tạo nên một máy phát siêu âm và máy ép hàn (**Hình 4**). Đầu phát siêu âm tạo ra sóng siêu âm không thể nghe thấy nhưng rất nhiều năng lượng, được truyền đến hai bộ phận ghép nối, làm nóng vùng ghép nối cho đến khi nó biến sang trạng thái chảy nhão, như thế hai bộ phận sẽ hàn lại với nhau không cần áp lực nén. Do sự gia nhiệt bên trong vật liệu được thực hiện rất nhanh nên phương pháp này rất thích hợp cho việc sản xuất sản xuất số lượng lớn.



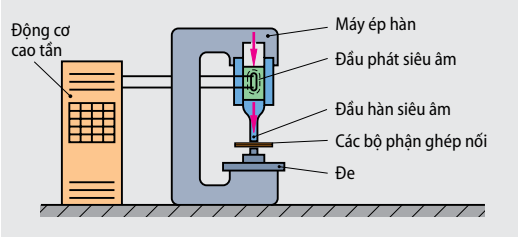
Hình 1: Hàn khí nóng



Hình 2: Phương pháp hàn với bộ nung



Hình 3: Hàn ma sát



Hình 4: Hàn siêu âm

Ôn tập và đào sâu

1 Những phương pháp định hình (tạo khuôn) nào cho các loại nhựa nhiệt dẻo cũng như nhựa nhiệt rắn và chất đàn hồi?
2 Sản phẩm nào được chế tạo từ ép đùn?
3 Máy đúc phun gồm các cụm lắp ráp nào?
4 Hãy mô tả một chu kỳ hoạt động của một máy đúc phun
5 Các thông số chu trình nào quan trọng nhất khi đúc phun?
6 Các phương pháp nào dùng để sản xuất các cấu kiện bằng chất xốp?
7 Các loại chất dẻo nào không thể dán được?
8 Những phương pháp hàn nào được sử dụng cho ống chất dẻo?

4.12 Vật liệu compozit (vật liệu liên kết, vật liệu kết hợp, vật liệu hỗn hợp)

Vật liệu compozit là loại vật liệu được hình thành từ những vật liệu đơn lẻ được liên kết lại với nhau thành vật liệu mới.

Các nhóm vật liệu compozit quan trọng cho ngành cơ khí là: thí dụ như **chất dẻo gia cường bằng sợi thủy tinh**, gọi tắt là **GFK**, hay **kim loại cứng** được hình thành từ kim loại dai và các hạt vật liệu cứng (**Hình 1**). Các hợp kim không được xem là vật liệu compozit bởi vì chúng là những chất đơn lẻ (đơn chất hợp kim) hòa tan hoặc phân phối thật chặt chẽ. Trái lại, trong vật liệu compozit các chất đơn lẻ nằm xen kẽ không thay đổi và hiện diện với dạng hạt lớn hơn nhiều.

Hình 1: Các cấu kiện bằng vật liệu compozit

4.12.1 Cấu tạo bên trong

Bên trong một vật liệu compozit các vật liệu đơn lẻ thích nghi với nhau được kết hợp lại sao cho các đặc tính tốt của vật liệu đơn lẻ thống nhất trong vật liệu mới. Các đặc tính bất lợi được che lấp đi.

Như thế đối với các loại chất dẻo có sợi thủy tinh gia cường thì độ bền cao của các sợi thủy tinh liên kết với độ dai của chất dẻo. Đặc tính giòn của các sợi thủy tinh và tính kém bền của chất dẻo được che lấp.

Sợi thủy tinh + **Chất dẻo** → **Chất dẻo gia cường sợi thủy tinh** (**GFK**)
(độ bền cao, giòn) (không bền, dai) (độ bền cao, dai)

Đối với kim loại cứng, độ cứng của vật liệu cứng (thí dụ: vonfram cacbua) và tính dai của kim loại (thí dụ: coban) hợp nhất lại trong vật liệu compozit. Độ giòn của vật liệu cứng và độ cứng thấp của kim loại dai không thể hiện trong sự liên kết.

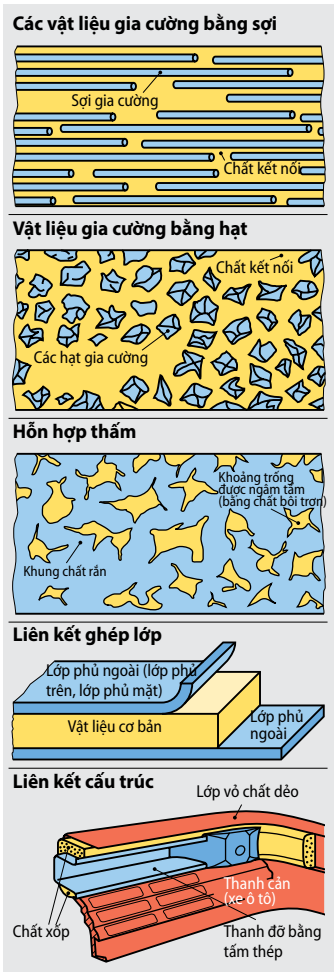
Vật liệu cứng + **Kim loại dai** → **Kim loại cứng**
(cứng, giòn) (mềm, dai) (cứng, dai)

Qua lựa chọn và liên kết các vật liệu đơn lẻ phù hợp người ta có thể chế tạo các vật liệu compozit với đặc tính thích hợp, chính xác theo yêu cầu kỹ thuật.

Vật liệu có hiệu quả cho việc gia tăng độ bền trong sự liên hợp được gọi là **vật liệu gia cường**. Các vật liệu khác đảm bảo cho việc kết hợp của vật thể được gọi là **chất liên kết** hoặc **chất kết dính**.

Người ta phân biệt **các loại vật liệu compozit** khác nhau (**Hình 2**) tùy theo dạng của các chất có trong liên kết:

- Các vật liệu compozit gia cường sợi thủy tinh, thí dụ: GFK (Chất nhựa dẻo gia cường bằng sợi thủy tinh) hay CFK (Chất nhựa dẻo gia cường bằng sợi carbon)
- Các vật liệu compozit gia cường bằng hạt cứng, thí dụ: kim loại cứng
- Các vật liệu compozit thấm thấu (vật liệu hỗn hợp thấm), thí dụ: ổ trục bằng vật liệu thiêu kết có thấm (ngâm tẩm) chất bôi trơn
- Các vật liệu compozit nhiều lớp, thí dụ: thép tấm nhiều lớp
- Sự liên kết cấu trúc, thí dụ: thanh cản của ô tô



Hình 2: Các loại vật liệu compozit

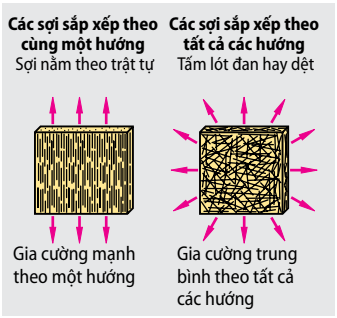
4.12.2 Chất dẻo gia cường bằng sợi

Tổng kết	Chất dẻo ghép với sợi thủy tinh
Độ bền cao	đến 300 N/mm^2
E-mô đun (độ cứng vững)	đến 30000 N/mm^2
Tỷ trọng thấp:	khoảng 1,8 kg/dm^3

Các chất dẻo gia cường sợi thủy tinh, được gọi tắt là **GFK** hình thành từ một chất nền nhựa dẻo được kết hợp gia tăng độ cứng, bền bằng sợi thủy tinh hoặc bằng sợi carbon.

Các loại nhựa nhiệt rắn như polyeste và nhựa epôxy, nhưng cũng kể cả các loại nhựa nhiệt dẻo, được sử dụng làm chất nền nhựa dẻo. Các loại sợi được sử dụng có một độ bền kéo cao (lên đến 1000 N/mm^2) và tỷ trọng thấp (khoảng 2,5 kg/dm^3). Để dễ xử lý thao tác, hàng ngàn các sợi đơn lẻ mỏng từ 10 µm đến 100 µm được tết lại thành sợi chùm hoặc được gia công chế biến thành tấm đệm, vải dệt và nỉ xốp.

Đối với các bộ phận chịu tải thông thường, sợi thủy tinh được bố trí trong chất dẻo, người ta có được các chất dẻo gia cường sợi thủy tinh (GFK). Đối với các cấu kiện có độ cứng uốn đặc biệt, người ta sử dụng sợi carbon có độ bền cao cực độ nhưng đắt tiền. Loại nhựa dẻo được gia cường bằng sợi carbon này có tên ngắn là CFK. Các sợi dẫn truyền độ bền kéo cao của chúng theo hướng liên kết mà chúng nằm trong vật liệu (**Hình 1**). Đối với các cấu kiện cần chịu tải ưu tiên theo hướng yêu cầu, người ta bố trí các sợi theo hướng này. Các cấu kiện chịu tải từ nhiều mặt thì các sợi bên trong cũng nằm theo tất cả các hướng.



Hình 1: Sự sắp xếp sợi và các hướng gia cường

■ Đặc tính và ứng dụng

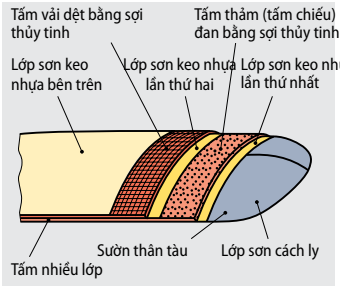
Đặc tính của mỗi loại chất dẻo gia cường được xác định tùy theo chất dẻo được ứng dụng và loại sợi cũng như thành phần của sợi trong thể tích toàn bộ và sự sắp xếp thứ tự trong chi tiết gia công. Độ bền sẽ gia tăng theo số lượng sợi chứa đựng bên trong cùng với sự định hướng của các sợi theo chiều nhất định. Lĩnh vực ứng dụng chính của GFK và CFK là ngành cơ khí chế tạo ô tô và máy bay (các bộ phận kết cấu, các bộ phận khung xe, vỏ bọc chắn bên ngoài, lò xo lá cho xe tải, trục cacđăng), ngành chế tạo các dụng cụ thể thao (tấm trợt tuyết, vợt đánh tennis, thân tàu) và ngành xây dựng (bồn chứa, vỏ bọc, mái nhà). Tuy nhiên vật liệu compozit cũng được ứng dụng rất nhiều trong các ngành cơ khí và sản xuất thiết bị. Từ các vật liệu compozit người ta có thể sản xuất các loại bánh răng, ống dẫn, bộ phận khung xe và bình chứa (**Hình 2**).

Hình 2: Các cấu kiện bằng GFK

Gia công. GFK và CFK có thể được gia công như những vật liệu cứng với tất cả các **phương pháp gia công cắt gọt**. Vì độ cứng của các sợi bên trong vật liệu compozit, khi gia công cần phải sử dụng những loại dụng cụ bằng kim loại cứng.

■ Những phương pháp chế tạo cho các chất dẻo gia cường

Có nhiều phương pháp khác nhau để chế tạo các cấu kiện bằng GFK và CFK tùy theo độ dài và sự sắp xếp thứ tự của các sợi. Người ta gia công nhựa nhiệt dẻo và nhựa nhiệt rắn được gia cường bằng sợi ngắn với chiều dài vào khoảng 1mm bằng **đúc phun** (Trang 317) hay **ép khuôn** để sản xuất các bộ phận nhỏ như bánh xe răng.

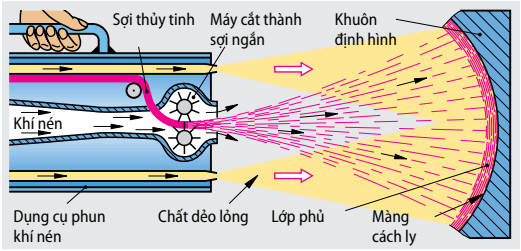


Hình 3: Ghép lớp thủ công

Các cấu kiện có độ lớn trung bình thí dụ như các bộ phận khung ô tô và xe tải (Hình 2, bên trên) được chế tạo bằng cách chèn vào bên trong khuôn những tấm sợi thủy tinh đan, được tẩm thấm trước với keo nhựa cứng (ghép lớp trước), kế tiếp sau đó **ép khuôn** (Trang 320).

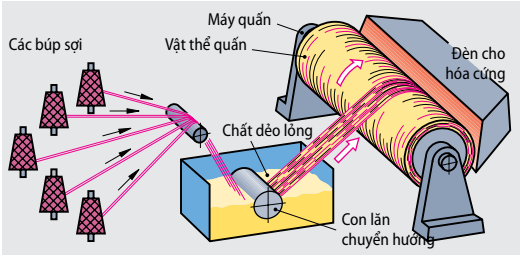
Đối với các bộ phận lớn thí dụ như thân tàu, được chế tạo bằng **đắp lớp thủ công** (**Hình 3**), các tấm sợi thủy tinh đắp chồng lên nhau và thấm keo bằng cách phun lên trên.

Phun nhựa sợi thường được sử dụng để chế tạo các cấu kiện có kích thước từ trung bình đến lớn cũng như các màng lót trước (**Hình 1**). Một dụng cụ phun bằng khí nén cắt vụn sợi thủy tinh và tạo sương chất dẻo dạng lỏng dùng để hóa cứng được phun ra cùng lúc lên mặt khuôn. Các sợi ngắn cùng với các giọt chất dẻo tạo ra trên mặt khuôn một lớp lót. Lớp lót này có thể được để hóa cứng trong khuôn hoặc đặt vào khuôn ép như một màng lót phủ trước rồi ép nóng và hóa cứng sau đó. Ở phương pháp **quấn ướt**, các sợi dài được kéo liên tục đi qua bồn chứa nhựa nhiệt cứng dạng lỏng (**Hình 2**). Sợi tẩm đầy nhựa lỏng và được quấn quanh một vật thể. Phương pháp chế tạo này có thể sản xuất các cấu kiện đối xứng qua trục quay như ống dẫn, bình và bồn chứa.



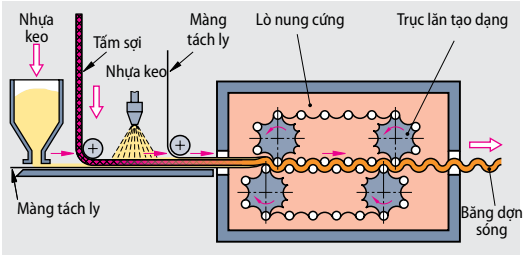
Hình 1: Phun nhựa sợi của lớp phủ

Tương tự như thế, phương pháp **kéo prôfin** (kéo thanh), có thể chế tạo được các loại prôfin từ GFK và CFK. Với phương pháp này, trước tiên một lượng lớn các cuộn sợi được tẩm với nhựa keo, sau đó chúng được bó lại với nhau và được kéo tiếp tục thông qua đầu khuôn prôfin giúp cho bó sợi tạo thành dạng prôfin như ý muốn.



Hình 2: Quấn ướt một ống

Sự chế tạo liên tục các băng phẳng hay dợn sóng được thực hiện với phương pháp **ghép lớp liên tục** (**Hình 3**). Trong phương pháp này keo nhựa được đưa đến trên một màng tách ly cùng với tấm lót sợi thủy tinh, đồng thời với một màng tách ly khác đắp lên trên. Tấm màng đã ghép lớp trước này có thể được tiếp tục cán dợn sóng và hóa cứng cùng lúc trong một lò nung. Các phần còn lại của màng đã ghép lớp trước không hóa cứng có thể được đưa qua máy cắt ra thành nhiều mảnh nhỏ và sau đó được hóa cứng bằng phương pháp ép khuôn nóng để chế tạo các chi tiết khác.



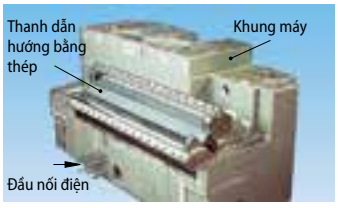
Hình 3: Ghép phủ lớp liên tục cho một tấm dợn sóng

4.12.3 Vật liệu kết hợp gia cường bằng hạt cứng và bằng phương pháp thẩm thấu

■ **Hỗn hợp ép bằng chất dẻo** (chất kết nối) được hình thành từ một hỗn hợp nhựa nhiệt dẻo hay nhựa nhiệt cứng chứa bên trong các phần chất độn hay phụ gia được phân phối đều. Người ta sử dụng nhựa keo polyeste cũng như các nhựa nhiệt dẻo PA, POM và ABS. Các chất độn là bột đá, bột thủy tinh hoặc bồ hóng. So với chất dẻo nguyên chất, chất dẻo hỗn hợp ép có độ bền và độ dai cao hơn. Chúng được gia công bằng phương pháp đúc phun hoặc ép khuôn để sản xuất các bộ phận nhỏ như đòn bẩy (tay đòn), tay cầm, cấu kiện điện, vỏ bọc... (**Hình 4**).

Hình 4: Bộ phận kẹp nối tiếp trong mạch điện

■ **Bêtông polyme**, còn được gọi là gang khoáng, là một loại vật liệu compozit được gia cường bằng hạt cứng gồm khoảng 80% epoxy và khoảng 20% hạt vụn granit làm chất độn. Sự chế tạo các cấu kiện được thực hiện bằng đúc khuôn và hóa cứng. Lĩnh vực ứng dụng chính trong ngành cơ khí là khung cho máy công cụ (**Hình 5**). Các thanh dẫn hướng và thanh ren thép có thể được đúc liền vào bêtông polyme. Ta cũng có thể sử dụng khuôn khung máy từ gang để đúc bêtông polyme. Khung máy công cụ làm bằng bêtông polyme có tính năng giảm xóc cơ bản tốt hơn so với gang xám và nhờ đó sản phẩm gia công có độ chính xác cao.



Hình 5: Khung máy tiện bằng bê tông polyme

■ **Đĩa mài và đá mài khôn** (**Hình 1**). Chúng được làm từ các vật liệu mài có dạng hạt (coridon / bột mài quý gốc oxit nhôm (Al_2O_3), hạt silic cacbua hoặc hạt kim cương) và một chất kết dính nhựa, sứ mềm hoặc kim loại. Đối với các vật kiệu kết hợp này (compozit) các hạt mài cứng giòn đảm nhận việc cắt phoi trong lúc chất kết dính cấp cho đĩa / đá mài tính kết hợp, độ bền và độ dai.

Hình 1: Đĩa mài

■ Kim loại cứng và vật liệu cắt bằng sứ

Các loại kim loại cứng hình thành từ các hạt cacbit cứng giòn (các hạt gia cường) và một chất kết dính kim loại (thường là coban) trong những khoảng trống của các hạt cacbit. Sự liên kết này tạo nên một vật liệu compozit có tính bền chống mài mòn của hạt catbit và tính dai của hỗn hợp coban. Nó sử dụng làm vật liệu cắt (**Hình 2**). Vật liệu cắt ôxit gốm bao gồm các hạt nhỏ dạng bột mài quý (Al_2O_3) và kết nối gốm ZrO_2. Vật liệu cắt từ gốm hỗn hợp còn chứa thêm hạt TiC vàTiCN.

Hình 2: Dao cắt trở bề

4.12.4 Liên kết lớp và liên kết cấu trúc

■ **Gỗ ép nhựa** hình thành từ các lớp gỗ mỏng tẩm keo nhựa được ép thành tấm (**Hình 3**). Đặc tính cơ học cũng như tính gia công của chúng tương tự như gỗ cứng. Lĩnh vực ứng dụng chính của nó là chế tạo các mô hình.

Hình 3: Truyền động bằng cơ cấu thanh răng (Mô hình)

■ **Tấm vải dệt cứng Hgw** và **giấy cứng HP** là sự liên kết ghép lớp từ tấm dệt hay băng giấy tẩm keo nhựa được ép thành tấm. Chúng được sử dụng trong ngành điện tử để gia công tấm mạch in (bo mạch).

■ **Tấm phủ lớp** hình thành từ một loại vật liệu nền (gốc) rẻ tiền thường là thép carbon, trên bề mặt được cán ép một lớp mỏng bằng vật liệu chống gỉ sét và bền chịu axít (**Hình 4**). Vật liệu phủ lớp được ưu tiên sử dụng trong ngành chế tạo thiết bị hóa học.

Hình 4: Thiết bị hóa học

■ **Lưỡng kim** (**Kim loại kép**) là những dải kim loại mỏng gồm hai lớp kim loại khác nhau được cán và hàn ép dính chặt lại thành tấm kim loại. Khi được đốt nóng lưỡng kim sẽ tự uốn cong theo bên của vật liệu giãn nở nhiệt ít. Người ta sử dụng lưỡng kim như là các vòng xoắn lưỡng kim tự giãn ra và co lại trong nhiệt kế (**Hình 5**) cũng như trong các công tắc điện tự động.

Hình 5: Vòng xoắn-lưỡng kim

■ **Các cấu kiện có cấu trúc** được kết hợp từ nhiều loại vật liệu khác nhau (có cấu trúc). Một thanh cản chống va đập của ô tô hiện đại, thí dụ như một compozit cấu trúc từ một vỏ bọc bằng chất dẻo, một lớp xốp đệm và một tấm cốt thép (**Hình 6**). Mỗi vật liệu đảm nhiệm một nhiệm vụ đặc biệt trong cấu kiện: các vật liệu từ poly propylen có sợi thủy tinh gia cường giúp cho vỏ chất dẻo có tính đàn hồi khi va chạm nhẹ, lớp xốp đệm bằng poly urethan tiếp thu năng lượng va chạm bằng sự biến dạng và tấm cốt thép truyền lực tiếp tục đến khung ô tô.

Hình 6: Thanh cản chống va đập (Thanh giảm chấn)

Ôn tập và đào sâu

1 Các vật liệu kompozit có những lợi thế nào?

2 Các tên viết tắt GFK hay CFK có nghĩa là gì?

3 Những phương pháp chế tạo nào để sản xuất ra GFK?

4 Kim loại cứng có phải là một vật liệu compozit?

5 Hãy mô tả sự cấu tạo bên trong của vật liệu compozit liên kết hai lớp

4.13 Vấn đề môi trường của vật liệu và phụ liệu

Trong các xưởng sản xuất gia công kim loại, bên cạnh đa số các vật liệu không độc hại như thép, nhôm và phần lớn các chất dẻo, người ta cũng sử dụng một loạt các vật liệu và phụ trợ khác có hại cho môi trường. Thí dụ như chì và cadmi cũng như các chất phụ trợ tẩy rửa nhiệt độ thấp, chất bôi trơn làm nguội và các loại muối tôi.

Hình 1: Thu gom có phân loại của phế liệu kim loại

Mục đích bảo vệ môi trường của một hãng gia công chế biến kim loại là làm sao có thể tránh sử dụng các chất có vấn đề. Trong trường hợp không thể giải quyết được qua biện pháp kỹ thuật, thì cần phải cải tiến phương pháp sản xuất và tiết giảm số lượng chất tác hại đến mức tối thiểu (trang 234). Cũng cần phải xử lý các chất thải và các chất tiêu hao trong sản xuất để tái sử dụng đưa lại vào qui trình sản xuất (tái chế) (**Hình 1**). Chỉ các phần còn lại không thể sử dụng được phải được đưa đến các bãi xử lý rác để tiêu hủy.

Các chất độc hại cho sức khỏe và gây ô nhiễm môi trường không được phép thải ra môi trường.

■ Chọn lựa vật liệu và phụ liệu

Chỉ được sử dụng các loại vật liệu và phụ liệu không gây hại cho sức khỏe và không gây ô nhiễm môi trường để sản xuất, gia công và phải xử lý tiêu hủy chúng.

Để đánh giá một loại vật liệu, cần phải xem xét tổng thể các yếu tố gây ô nhiễm môi trường: Bắt đầu với việc gia công chế tạo ra sản phẩm, bao gồm trước hết việc sử dụng an toàn, không gây nguy hại cho người tiêu dùng, và cuối cùng là khả năng tái chế sử dụng của nó.

■ Sự tiêu thụ năng lượng và tác hại môi trường khi sản xuất các vật liệu

Sự tiêu thụ năng lượng. Cần một lượng năng lượng lớn để sản xuất các vật liệu từ nguyên liệu thiên nhiên (tạo ra đầu tiên) (**Bảng 1**).

Bảng 1: **Sự tiêu thụ năng lượng để sản xuất 1 tấn vật liệu (tính trên kWh)**

Vật liệu	tạo ra vật liệu đầu tiên	Khai thác tái chế
Sắt/thép	4 300	1 670
Nhôm	16 000	2 000
Đồng	13 500	1 730
Polyethylen (PE)	3 500	_
Polyvinylchlorid (PVC)	4 000	_

Điều này đặc biệt đối với nhôm và đồng. Mức tiêu hao năng lượng trong việc tái tạo ra kim loại từ phế liệu kim loại thì thấp hơn đáng kể, có nghĩa là từ vật liệu tái chế.

Chủ yếu phế liệu kim loại được tái chế. Đối với chất dẻo người ta vẫn còn đang tìm kiếm những phương pháp thích hợp.

Ô nhiễm môi trường. Việc sản xuất kim loại sinh ra bụi và khí thải gây ô nhiễm môi trường rất lớn. Chỉ với hệ thống lọc khí tải phức tạp và tốn kém mới có thể giảm đến một mức độ chấp nhận được đối với môi trường.

Về khả năng chấp nhận được cho môi trường thì đối với chất dẻo có một sự khác biệt lớn. Trong khi việc sản xuất các chất dẻo thí dụ như polyethylen không gây ra vấn đề, thì trong việc sản xuất PVC cần phải có những biện pháp để bảo vệ môi trường trên diện rộng vì những thành phần chứa chất clor của nguyên liệu đầu vào và sự độc hại của các bán sản phẩm trung gian. Tương tự, việc đốt phế liệu PVC cũng gặp phải các vấn đề như thế.

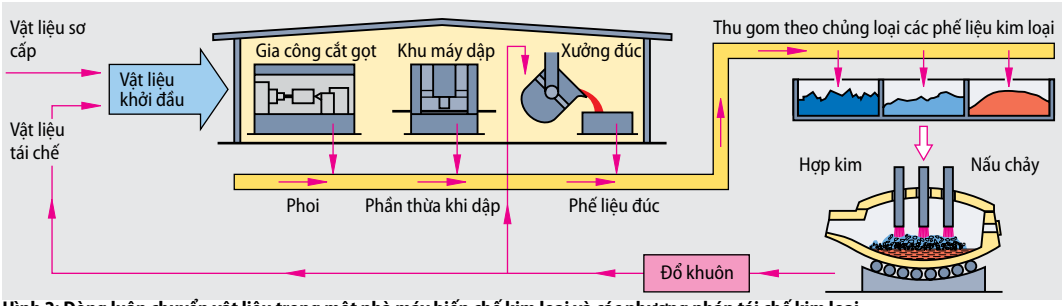
■ Tái chế kim loại

Phần lớn các phương pháp sản xuất đều cho ra phế liệu thí dụ phoi, phần thừa khi dập, phần bỏ đi từ đúc và phế phẩm (**Hình 1**). Ngay cả các sản phẩm lắp ráp thí dụ như máy móc, ô tô, đồ dùng gia dụng..v.v. sau khi sử dụng cũng bị vứt bỏ và được thu gom chở đến bãi phế thải và cần được xử lý tiêu hủy.

Các loại rác thải này và các dụng cụ máy móc cũ là những nguồn nguyên liệu quý giá và phải được đưa trở lại chu trình sản xuất vật liệu (**Hình 2**). Chúng phải được thu gom theo loại hay được phân loại riêng biệt.

Đối với kim loại, việc tái chế đã được thực hiện từ lâu. Các loại vật liệu như sắt và thép được sử dụng lại gần 100%. Đối với các loại nguyên liệu đồng và nhôm, do các chi tiết nhỏ, nên tỷ lệ tái chế khoảng 75%.

Hình 1: Rác thải kim loại và phế liệu từ máy móc cũ



Hình 2: Dòng luân chuyển vật liệu trong một nhà máy biến chế kim loại và các phương pháp tái chế kim loại

■ Tái chế các chất dẻo

Việc tái chế các chất dẻo hiện nay mới chỉ là bước đầu. Những thành công đầu tiên đã đạt được trong kỹ nghệ ô tô: các bộ phận làm từ nhựa nhiệt dẻo của các xe cũ được nghiền nhỏ thành dạng hạt để chế tạo ra những bộ phận mới (**Hình 3**). Điều kiện tiên quyết được đặt ra là phải thu gom các phế liệu theo loại trước hay phân loại các bộ phận cũ sau. Công việc này được đơn giản hóa bằng việc các cấu kiện phải được thiết kế để tháo rời dễ dàng và có nhãn in nổi về chủng loại.

Thí dụ của một nhãn đánh dấu: ABS Typ 207; có nghĩa là Acrylnitril-Butadien-Styren, loại 207.

Hình 3: Tái chế chất dẻo (thí dụ)

■ Tái chế các phụ liệu

Nhiều loại phụ liệu cũng có thể được tái chế và tái sử dụng sau khi dùng.

- Các loại dầu cắt gọt, dầu bôi trơn đã sử dụng
- Các chất bôi trơn làm nguội đã qua sử dụng
- Các chất lỏng mạ điện đã sử dụng

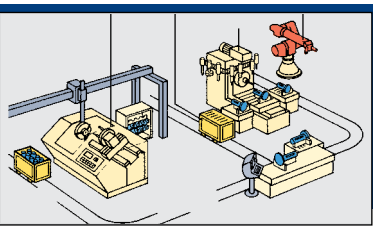
Thu gom theo chủng loại trước

Các chất lạ, chất bẩn và những thành phần không còn tác dụng được tách ra, các hoạt chất và phụ gia đã sử dụng được bổ sung thêm vào và cùng với vật liệu mới đưa vào sử dụng.

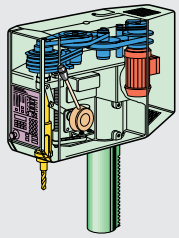
Các chất bôi trơn làm nguội đã qua sử dụng, các loại dầu bôi trơn và dầu cắt, cũng như các hóa chất đã dùng không được phép thải ra hệ thống cống rãnh, sông ngòi và mặt đất.

5 Kỹ thuật máy và thiết bị

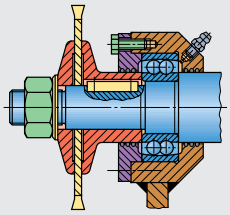
5.1 Phân loại máy 330
Máy động lực; máy gia công 330
Hệ thống xử lý dữ liệu 337
Dây chuyền sản xuất 338
5.2 Xử lý trong sản xuất và lắp ráp 339
Kỹ thuật về hệ thống xử lý 339
Hệ thống sản xuất linh hoạt 347



5.3 Đưa vào vận hành 353
Lắp đặt máy 354
Đưa máy hoặc thiết bị vào vận hành 355
Nghiệm thu máy hoặc thiết bị 356
5.4 Đơn vị chức năng của máy và thiết bị 358
Cấu trúc bên trong của máy 358
Đơn vị chức năng của một máy công cụ CNC, ô tô và hệ thống điều hòa không khí 360
Thiết bị an toàn ở máy 364

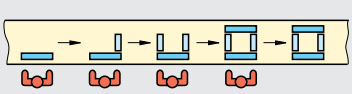


5.5 Đơn vị chức năng kết nối 366
Ren 366
Kết nối bulông 368
Kết nối chốt; kết nối đinh tán 376
Kết nối trục – đùm 380
5.6 Đơn vị chức năng đỡ và mang 384
Ma sát và chất bôi trơn 384
Bợ trục (Ổ trục) 387
Bộ phận dẫn hướng; đệm kín (phớt) 396
Lò xo 401



5.7 Đơn vị chức năng để truyền năng lượng 403
Trục và láp (cốt trục) 403
Bộ ly hợp; truyền động đai; truyền xích 405
Bộ truyền động bánh răng 414
5.8 Đơn vị truyền động 417
Động cơ điện 417
Hộp số 424
Truyền động thẳng 430

5.9 Kỹ thuật lắp ráp. 432
Kế hoạch lắp ráp, tổ chức lắp ráp 432
Tự động hóa lắp ráp 433
Những thí dụ lắp ráp 434



5.10 Sự bảo trì 440
Phạm vi hoạt động và định nghĩa 440
Khái niệm và mục đích của bảo trì 441
Kế hoạch khái quát về bảo trì 442
Bảo dưỡng 445
Kiểm tra 448
Sửa chữa 450
Cải tiến 452
Tìm chỗ hỏng và nguồn sai sót (lỗi) 453
5.11 Phân tích thiệt hại và tránh hư hại 454
5.12 Ứng suất vào độ bền của cấu kiện 456

5 Kỹ thuật máy và thiết bị

Máy móc giúp đỡ con người làm việc. Nó thực hiện các bước gia công, hoặc theo các lệnh của người vận hành máy hay được điều khiển tự động theo các lệnh của chương trình. Máy móc hiện đại là điều kiện tiên quyết để nâng cao năng suất gia công.

5.1 Phân loại máy

Máy như là hệ thống kỹ thuật

Để nhận biết chức năng và tác dụng của một cái máy, người ta có thể xem máy tổng quát như một **hệ thống kỹ thuật**, trong đó năng lượng, nguyên vật liệu và thông tin được đưa vào, nhận được sự chuyển đổi ở đây và sau đó lại rời khỏi máy (**Hình 1**).

Hình 1: Máy được xem như là hệ thống kỹ thuật qua thí dụ ở một máy tiện

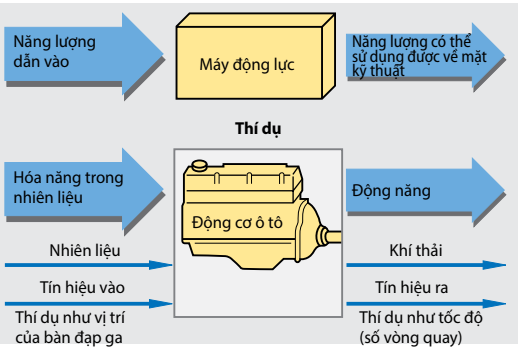
Theo cách nhìn về hệ thống kỹ thuật người ta có thể phân loại máy ra làm 3 loại theo chức năng chính của máy:

- Máy chuyển đổi năng lượng : **Máy động lực**
- Máy chuyển đổi vật liệu : **Máy gia công** (**máy làm việc**)
- Máy chuyển đổi thông tin : **Hệ thống xử lý dữ liệu điện tử** (**máy tính**)

5.1.1 Máy động lực

Chức năng chính của máy động lực là chuyển đổi năng lượng. Trong đó năng lượng dẫn vào được chuyển đổi thành dạng năng lượng cần thiết cho một mục đích sử dụng nhất định.

Thí dụ: Động cơ ô tô là một máy động lực. Trong máy, hóa năng trong nhiên liệu được chuyển đổi thành động năng cần thiết cho việc truyền động của ô tô. Điều nói trên sẽ được trình bày một cách rõ ràng với sự hỗ trợ của một sơ đồ **dòng chảy năng lượng** (**Hình 2**). Năng lượng được dẫn vào trong máy động lực. Sau khi chuyển đổi, nó được sử dụng như là năng lượng có ích. **Những chức năng phụ** của máy động lực là:



Hình 2: Hệ thống kỹ thuật máy động lực qua thí dụ một động cơ ô tô

- **Dòng chảy vật liệu**, thí dụ như nhiên liệu đi vào động cơ và khí đốt cháy thoát ra ngoài.
- **Dòng chảy thông tin**, tức là tín hiệu vào và ra.

5.1.1.1 Vật lý cơ bản cho máy động lực

Để mô tả tác dụng cũng như chất lượng của máy động lực, ta cần những khái niệm từ lĩnh vực vật lý, thí dụ như công, năng lượng, công suất, hiệu suất.

■ Công

Trong những quá trình chuyển động, người ta gọi công *W* là tích số của lực *F* và đoạn đường s.

Đơn vị của công là **Joule** (ký hiệu đơn vị là J)

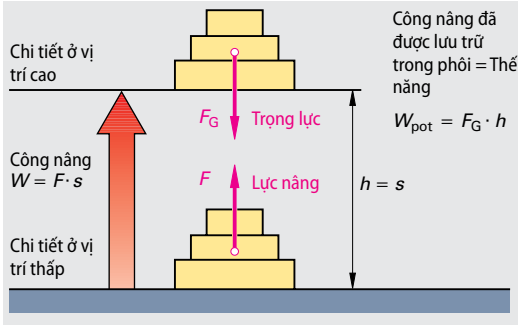
Công 1J được tạo ra khi lực 1N tác dụng trên đoạn đường 1m. **1J = 1N.m**

Thí dụ như **công nâng** được thực hiện khi chi tiết được nâng lên cao (**Hình 1**). Công nâng được lưu trữ trong chi tiết được nâng cao.

Thí dụ: Một chi tiết với khối lượng $m = 4{,}5$ kg được nâng lên cao 2,4 m với lực nâng $F = 44{,}15$ N. Như vậy công nâng là bao nhiêu?

Lời giải: $W = F.s = 44{,}15\ \text{N} \cdot 2{,}4\ \text{m} =$ **105,96 N.m**

Công cũng được tạo ra khi gia công cắt gọt hoặc do tăng tốc.



Hình 1: **Công và năng lượng**

Công	$W = F.s$
Thế năng	$W_{pot} = F_G.h$ $W_{pot} = m.g.h$
Gia tốc trọng trường	$g = 9{,}81\ \frac{m}{s^2} = 9{,}81\ \frac{N}{kg}$; $1\ N = 1\ \frac{kg \cdot m}{s^2}$
Động năng	$W_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

■ Năng lượng

Công được lưu trữ trong một vật thể, cũng như khả năng có thể tạo ra công, được gọi là **năng lượng**.

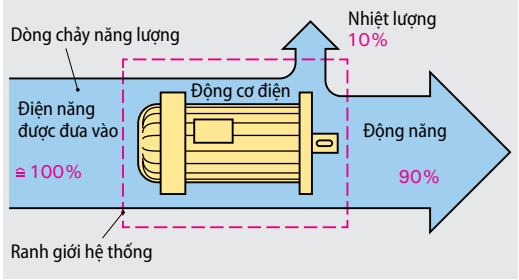
Đơn vị của năng lượng là **Joule** (**J**). **Năng lượng** xuất hiện dưới **nhiều hình thức**:

- **Thế năng** W_{pot} (năng lượng của vị thế), thí dụ như công nâng lưu trữ trong một chi tiết gia công được nâng cao. Công nâng được tính từ trọng lượng F_G của phôi và chiều cao được nâng *h*.

  Trọng lượng F_G của phôi được tính từ khối lượng m của phôi và gia tốc trọng trường *g* trong công thức $F_G = m \,.\, g$. Gia tốc trọng trường g = 9,81 m/s².
- **Động năng** W_{kin} (Năng lượng của chuyển động) là năng lượng trữ trong vật thể chuyển động. Nó lệ thuộc vào khối lượng *m* và vận tốc *v* của vật thể.
- **Nhiệt năng** trữ trong vật thể được hâm nóng, thí dụ trong khí nóng để truyền động cho tuabin.
- **Điện năng** có thể lấy từ lưới điện và truyền động cho động cơ điện.
- **Hóa năng** được trữ trong kết nối hóa học. Nó được phóng thích khi kết nối hóa học bị phá vỡ. Thí dụ như trong trường hợp đốt cháy nhiên liệu.

Chuyển đổi năng lượng. Các dạng năng lượng khác nhau có thể được chuyển đổi từ dạng năng lượng này sang dạng năng lượng khác. Thí dụ như trong động cơ điện, điện năng được dẫn vào được chuyển sang động năng của trục động cơ và nhiệt lượng (**Hình 2**). Về năng lượng ta có **Định luật bảo toàn năng lượng**.

Năng lượng không tự sinh ra cũng như không bị hủy diệt. Nó chỉ có thể chuyển đổi từ dạng năng lượng này sang dạng năng lượng khác.



Hình 2: **Dòng chảy năng lượng trong động cơ điện**

Sự cân bằng năng lượng. Trong kỹ thuật, để đánh giá năng suất máy, năng lượng dẫn vào sẽ được so sánh với năng lượng thoát ra. Người ta tưởng tượng ra một đường biên chung quanh hệ thống kỹ thuật và khảo sát năng lượng vào và ra khỏi hệ thống (Hình 2, Trang 331). Thông thường người ta dùng tỷ lệ phần trăm để mô tả năng lượng khi quan sát việc cân bằng năng lượng.

■ Công suất

Để có thể so sánh các máy với nhau, năng lượng được chuyển đổi cũng như công cơ học được tạo ra của một máy được tính theo đơn vị thời gian cần thiết.

Công W được làm ra trong đơn vị thời gian t được gọi là **công suất** P.

Công suất $$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$$

Đơn vị của công suất là **Watt**, ký hiệu đơn vị là W; được đặt tên theo nhà vật lý Anh James Watt. Bội số của đơn vị cơ bản Watt là Kilo Watt (kW), Mega Watt (MW) và Giga Watt (GW).

1 kW = 1000 W; 1 MW = 1000 kW = 1.000.000 W; 1 GW = 1000 MW = 1.000.000 kW

Thí dụ: Một máy công cụ với trọng lượng F_G = 15.400 N được nâng lên 1,8 m trong vòng 12 giây bởi một máy nâng điện. Công suất của máy nâng cho việc này là bao nhiêu?

Lời giải: $$P = \frac{F_G \cdot h}{t} = \frac{15\,400\ \text{N} \cdot 1{,}8\ \text{m}}{12\ \text{s}} = 2310\ \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 2310\ \text{W} = 2{,}31\ \text{kW}$$

■ Hiệu suất

Trong máy và thiết bị, chỉ một phần của công suất đưa vào được chuyển đổi thành công suất hữu dụng về mặt kỹ thuật. Thí dụ như trong máy với các cơ phận chuyển động, phần còn lại của công suất được chuyển đổi sang nhiệt ma sát hay biến thành nhiệt mất đi trong động cơ nhiệt và máy điện. Phần lớn năng lượng này không thể sử dụng được về mặt kỹ thuật.

Tỷ lệ giữa công suất hữu dụng P_2 và công suất đưa vào P_1 được gọi là hiệu suất η.

Hiệu suất $$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

Hiệu suất được biểu hiện bằng số thập phân hay tỷ lệ bách phân (tỷ lệ phần trăm), thí dụ như $\eta = 0.85$ hay $\eta = 85\%$. Hiệu suất luôn luôn nhỏ hơn 1 cũng như nhỏ hơn 100%, vì lý do thất thoát, công suất hữu dụng kỹ thuật P_2 luôn luôn nhỏ hơn công suất dẫn vào P_1.

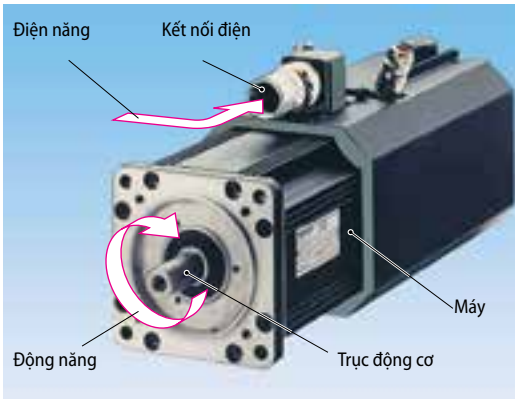
Thí dụ: Từ một động cơ điện, công suất đầu vào là 12 kW được đưa vào một bộ truyền động bánh răng. Tại trục ra của bộ truyền động, một công suất là 10.8 kW được truyền tiếp cho máy nâng. Hiệu suất của bộ truyền động là bao nhiêu?

Lời giải: $$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{10{,}8\ \text{kW}}{12\ \text{kW}} = 0{,}9 = 90\ \%$$

5.1.1.2 Các loại máy động lực

■ **Động cơ điện** là loại máy động lực cố định thường được sử dụng nhiều nhất trong lĩnh vực công nghiệp (**Hình 1**). Loại này được sử dụng như đơn vị truyền động cho máy công cụ, thiết bị nâng, các hệ thống vận chuyển, máy bơm, máy nén. Trong động cơ điện, điện năng được chuyển thành động năng. Động cơ điện nổi trội với một hiệu suất cao (η = 70... 95%).

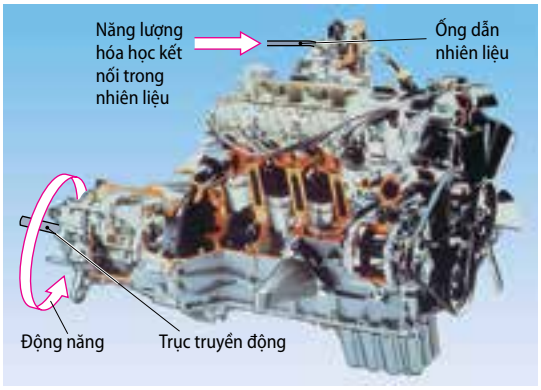
Động cơ điện được chế tạo theo kích cỡ với công suất từ vài Watt đến hàng chục nghìn Kilo Watt. Động cơ điện vận hành ít tiếng ồn và ít rung, có thể sẵn sàng hoạt động ngay và có thể chịu quá tải trong thời gian ngắn. Ngoài ra động cơ điện thân thiện với môi trường vì không tạo ra khí thải.



Hình 1: **Chuyển đổi năng lượng trong động cơ điện**

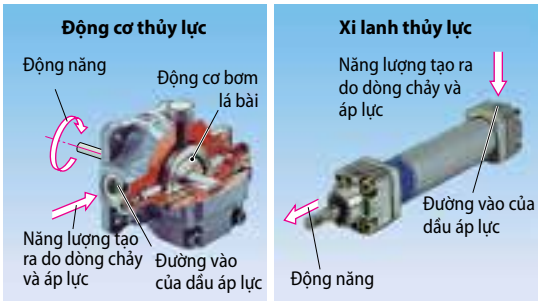
■ **Động cơ đốt trong** là máy động lực mà trong đó hóa năng trữ trong chất đốt qua đốt cháy nhiên liệu trước tiên được chuyển sang nhiệt lượng và rồi qua việc chuyển hóa nhiệt động sang động năng. Động cơ đốt trong là tuabin khí, động cơ dầu (động cơ điêzen) và động cơ xăng (động cơ Otto) (**Hình 1**). Động cơ đốt trong là những đơn vị truyền động được ưu tiên sử dụng cho máy không cố định, thí dụ như ô tô hoặc máy xây dựng. Hiệu suất của máy động lực đốt trong từ 30% đến 40%.

Một ứng dụng hiện đại của động cơ đốt trong là được sử dụng như một nhà máy phát điện nhỏ qua **kết nối cơ-nhiệt**. Trong trường hợp này một động cơ điêzen kéo một máy phát và tạo ra dòng điện. Nhiệt thải ra của động cơ điêzen được sử dụng để sưởi nhà. Hiệu suất tổng quát của một hệ thống như thế lên đến 90%.



Hình 1: Chuyển đổi năng lượng trong động cơ xăng

■ **Máy thủy động lực** (**Máy vận hành bằng phương pháp thủy lực**) là máy thủy động lực *(máy chạy bằng sức nước)* cũng như động cơ thủy lực và xi lanh thủy lực (**Hình 2**). Trong máy thủy lực, năng lượng của dòng chảy và áp lực của chất lỏng được biến thành cơ năng trong các cơ phận chuyển động. Thí dụ như máy thủy lực truyền động roto của máy phát điện. Động cơ thủy lực tạo ra chuyển động tròn, xi lanh thủy lực tạo ra chuyển động thẳng. Qua áp lực cao trong cơ phận thủy lực, lực tạo ra có thể rất lớn trong môi trường nhỏ (khoảng không gian nhỏ). Những lực này được sử dụng để di chuyển các chi tiết máy (Trang 496).



Hình 2: Chuyển đổi năng lượng trong máy thủy động lực

■**Máy động lực vận hành bằng khí nén** thí dụ như máy chạy bằng năng lượng gió, xi lanh khí nén từ hệ điều khiển hay động cơ khí nén trong thiết bị vặn vít bằng khí nén (**Hình 3**). Trong những thiết bị này, năng lượng tạo ra do dòng chảy và sức nén từ không khí chuyển động hay dưới áp lực được chuyển thành động năng cơ học. Phần nhiều các ứng dụng cho máy động lực vận hành bằng khí nén là thiết bị vặn vít đập bằng khí nén cũng như xi lanh và động cơ khí nén trong máy công cụ và điều khiển.

Hình 3: Chuyển đổi năng lượng trong thiết bị vặn vít bằng khí nén

Ôn tập và đào sâu

1. Máy động lực và máy gia công có những chức năng chính nào?
2. Hãy mô tả dòng chảy năng lượng của động cơ đốt qua phác thảo bằng tay
3. Với các độ lớn vật lý nào người ta có thể mô tả khả năng làm việc của máy?
4. Người ta hiểu thế nào về hiệu suất của máy?
5. Với năng lượng nào một búa rèn khuôn đập vào phôi rèn, khi trọng lượng búa (m = 1,2 t) rơi xuống phôi từ chiều cao là 0,8 m?
6. Động cơ điện của môt máy nâng lấy từ lưới điện một công suất 8,4 KW trong quá trình hoạt động. Động cơ và hộp số máy nâng có chung một hiệu suất là 82 %. Với tải trọng nào máy nâng có thể nâng lên cao 4m trong 20 giây?

5.1.2 Máy gia công *(máy công cụ, máy làm việc)*

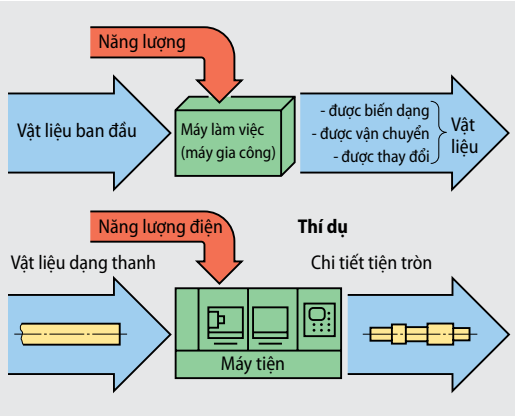
Theo chức năng chính của nó, máy gia công là máy chuyển đổi vật liệu (**Hình 1**).

Với sự hỗ trợ của năng lượng, vật liệu được

- vận chuyển từ chỗ này đến chỗ khác (Vận chuyển vật liệu)
- biến đổi sang một dạng khác (Biến dạng vật liệu)
- đưa sang một tình trạng năng lượng khác (Thay đổi tình trạng vật liệu)

Trên một máy tiện, chi tiết tiện được sản xuất từ phôi dạng thanh với sự hỗ trợ của năng lượng truyền động điện (Biến dạng vật liệu). Với máy bơm và dụng cụ nâng, vật liệu được vận chuyển.

Với lò nung, cấu trúc của vật liệu được thay đổi (thay đổi tình trạng vật liệu).



Hình 1: Máy làm việc được xem như là hệ thống kỹ thuật

5.1.2.1 Vật lý cơ bản cho máy gia công

Để mô tả việc vận chuyển vật liệu trong máy gia công, người ta cần đến những đại lượng vật lý.

■ **Khối lượng *m*** của vật liệu có đơn vị là kilogam (kg) hay tấn (t). 1t = 1000kg.

Tỷ trọng *ϱ* chỉ khối lượng của vật liệu tính trên đơn vị thể tích. Đơn vị của tỷ trọng là kg/dm³, g/cm³ hay t/m³ cho chất rắn cũng như kg/m³ cho chất khí.

Tỷ trọng = Khối lượng / Thể tích $\varrho = m/v$

■ **Loại vật liệu**. Tùy theo mục đích sử dụng, có nhiều cách khác nhau để phân loại vật liệu:

- Theo tình trạng vật lý người ta chia vật liệu ra thành **chất rắn, chất lỏng** và **chất khí**.
- Trong sản xuất và gia công người ta chia ra thành **vật liệu không có hình dạng** (Chất lỏng, bột, hạt) và **vật liệu với dạng hình học nhất định** (bán thành phẩm, chi tiết, cấu kiện).

■ **Vận chuyển vật liệu**. Việc vận chuyển vật liệu được nhận biết qua vận tốc và dòng vật liệu.

Vận tốc *v* là đoạn đường vật thể đi qua trong 1 đơn vị thời gian. Đơn vị của vận tốc là m/s, m/min, km/h.

Vòng quay *n* (tần số quay) dùng để mô tả chuyển động tròn của một chi tiết máy. Nó cho biết số vòng quay z trong đơn vị thời gian *t*. Đơn vị của vòng quay là 1/min hay 1/s.

Vận tốc = Đoạn đường / Thời gian $v = s/t$

Tốc độ quay = Số vòng quay / Thời gian $n = z/t$

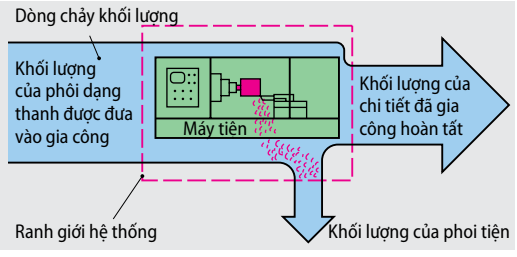
Dòng khối lượng = Khối lượng / Thời gian $\dot{m} = m/t$

Dòng thể tích = Thể tích / Thời gian $\dot{V} = V/t$

Lượng chất được chuyển đi trong chất rắn được mô tả bằng **dòng khối lượng *ṁ***, trong chất lỏng và khí bằng lưu lượng ***V̇*** theo thể tích. Ở đây là khối lượng cũng như thể tích được vận chuyển trong thời gian *t*. Đơn vị của dòng khối lượng cũng như thể tích là kg/s, t/h cũng như 1/s, 1/min hay m³/h.

Giống như trong lĩnh vực năng lượng (Trang 330), ở đây **định luật bảo toàn vật chất** có giá trị cho vật liệu: Vật chất không tự sinh ra cũng không tự hủy mà chỉ bị chuyển đổi từ dạng này sang dạng khác.

Cân bằng vật liệu nói rằng khối lượng được đưa vào hệ thống thì bằng đúng khối lượng được đưa ra (**Hình 2**). Qua thí dụ máy tiện, khối lượng phôi dạng thanh đưa vào sẽ chính xác bằng với khối lượng tổng cộng của chi tiết đã gia công và phoi tiện.



Hình 2: Cân đối vật liệu ở một máy công cụ

5.1.2.2 Các loại máy gia công (máy làm việc)

Trong những xí nghiệp gia công kim loại, các máy làm việc thường là phương tiện vận chuyển, máy công cụ *(máy dụng cụ),* lò nhiệt luyện (lò xử lý nhiệt), cũng như hệ thống điều hòa không khí và sưởi.

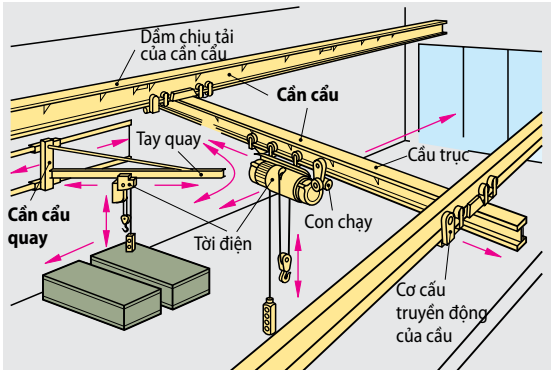
■ Phương tiện vận chuyển

Phương tiện vận chuyển là máy làm việc có nhiệm vụ vận chuyển vật liệu.

Dụng cụ nâng và giàn cẩu (cầu trục, thiết bị nâng hạ)

Dụng cụ nâng và giàn cẩu được sử dụng cho việc nâng tải lên cao, chất tải và dỡ tải, lắp ráp máy, vận chuyển các xe có pa lét (bệ chất hàng) nặng và dẫn các chi tiết gia công nặng vào trong máy công cụ. Một nhà xưởng sản xuất thường có một **cầu trục**, gồm khung chịu tải, cầu trục, con chạy và tời điện (**Hình 1**). Với 4 loại vận chuyển nâng, hạ, chạy tời và chạy cần cẩu, giàn cẩu quét qua toàn bộ bề mặt của nhà xưởng và như thế tạo điều kiện vận chuyển các tải nặng đến bất kỳ nơi nào trong nhà xưởng.

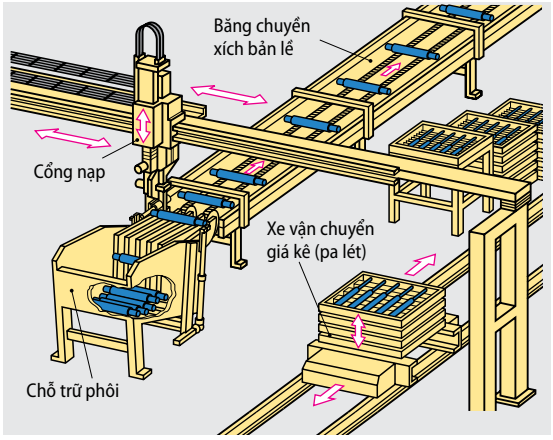
Những khu vực sản xuất với việc nạp tải và dỡ tải thường xuyên trong không gian làm việc giới hạn thì được cung cấp thêm một **cần cẩu quay**.



Hình 1: Giàn cẩu của một nhà xưởng sản xuất

Băng chuyền, hệ thống vận chuyển

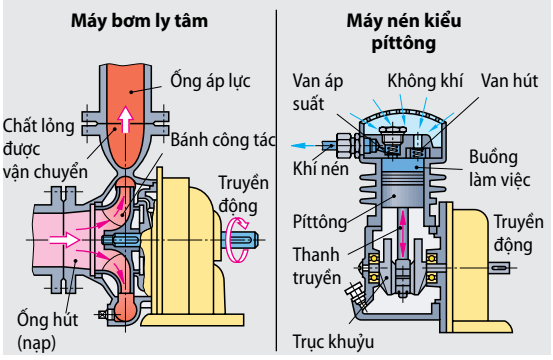
Việc vận chuyển chi tiết gia công giữa các trạm gia công của một hệ thống dây chuyền sản xuất được thực hiện bằng băng chuyền (**Hình 2**). Trong sản xuất hàng loạt với quy mô lớn, tùy theo kích cỡ và hình dáng của chi tiết gia công, **dây chuyền vận chuyển** và băng chuyền treo sẽ được sử dụng với băng chuyền xích hay băng chuyền con lăn. Những thiết bị này bảo đảm một dòng vật liệu liên tục; chỗ lưu trữ chi tiết được xem như vùng đệm. Những chi tiết nhỏ hơn được vận chuyển trên **giá kê** (**pa lét**), được di chuyển bằng xe vận chuyển chạy trên đường ray hay xe nâng có càng hình chạc (xe xúc). Trong sản xuất tự động, việc lấy chi tiết ra từ băng chuyền vận tải hay giá kê và nạp chi tiết vào trong máy gia công được đảm nhận bởi những thiết bị xử lý thao tác (tay máy), thí dụ như cổng nạp phôi.



Hình 2: **Hệ thống vận chuyển chi tiết**

Máy bơm, máy nén

Máy bơm được sử dụng để vận chuyển chất lỏng. Máy nén được sử dụng để vận chuyển khí và tạo ra khí nén. Trong máy bơm và máy nén, năng lượng của máy truyền động được chuyển sang chất lỏng và khí dưới dạng năng lượng dòng chảy và áp lực. Có nhiều loại thiết kế khác nhau (**Hình 3**). Máy bơm ly tâm hút chất lỏng theo hướng trục đẩy bánh cánh quạt (bánh công tác) chuyển động ly tâm và ép vào hệ thống ống dẫn. Trong **máy nén khí kiểu pittông,** khí được hút (nạp) khi píttông chạy xuống, được nén và đẩy ra khi pittông chạy lên.



Hình 3: **Các loại máy bơm và máy nén**

■ Máy công cụ (Máy dụng cụ)

Máy công cụ là máy gia công để sản xuất chi tiết (Biến dạng vật liệu). Tùy theo phương pháp sản xuất người ta phân biệt:

Máy công cụ để tạo hình (đổ khuôn)

Vật liệu ban đầu là chất không định hình, thí dụ như kim loại đang nóng chảy, bột kim loại hay hạt nhựa. Trong máy, chất không định hình trải qua một quá trình tạo hình để trở thành bán thành phẩm hay sản phẩm hoàn tất.

Máy công cụ để tạo hình thí dụ như máy đúc áp lực cho kim loại màu (không chứa sắt) với nhiệt độ nóng chảy thấp (nhôm hay kẽm) hay máy ép chi tiết định hình cho chi tiết thiêu kết hay máy ép đùn nhựa dẻo (**Hình 1**).

Máy công cụ biến dạng vật liệu

Vật liệu ban đầu là phôi đã được chuẩn bị sẵn, thí dụ như một phôi thô có định hình (định dạng), một đoạn tấm kim loại hay một đoạn của phôi dạng thanh, được biến dạng trong máy. Thí dụ như máy uốn (máy bẻ cạnh), máy vuốt sâu, máy rèn dập là các máy công cụ biến dạng vật liệu (**Hình 2**).

Máy công cụ cắt gọt có phoi

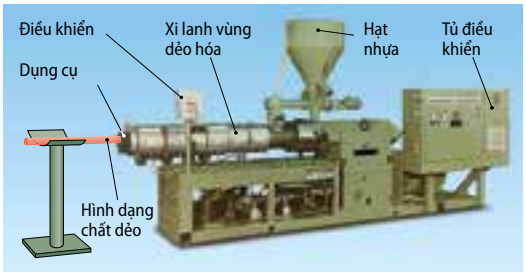
Vật liệu đầu vào - thanh phôi hay đoạn phôi có định dạng cũng như phôi đã được gia công trước – cần phải được gia công hoàn tất. Trong máy công cụ cắt gọt, phôi được định hình qua việc cắt gọt lấy phoi. Thí dụ như máy cưa, máy mài, máy khoan, máy phay, máy tiện và trung tâm gia công là máy công cụ cắt gọt (**Hình 3**). Năng lượng cần thiết để cắt gọt vật liệu được cung cấp bởi động cơ điện đã được lắp vào trong máy công cụ.

■ Lò xử lý nhiệt (lò nhiệt luyện), thiết bị gia nhiệt

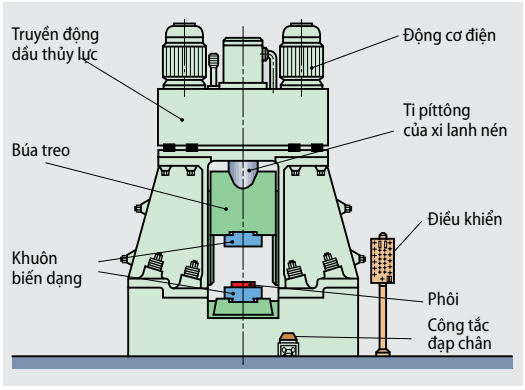
Lò và các thiết bị gia nhiệt là những thiết bị (máy làm việc) cung cấp nhiệt năng để đưa nhiệt độ của vật liệu lên cao, qua đó tạo sự biến dạng vật liệu bên trong (thay đổi cấu trúc).

Thí dụ như trong **lò xử lý nhiệt** (**Hình 4**) chi tiết bằng thép được nung nóng và tiếp theo đó được tôi để đạt được sự thay đổi cấu trúc của thép theo ý muốn. Qua đó những tính chất cơ học của thép, thí dụ như độ cứng, được cải thiện một cách cơ bản.

Trong **nồi hơi** của một hệ thống gia nhiệt, một chất mang nhiệt (môi trường truyền nhiệt (không khí hay nước) được nung nóng và qua ống dẫn được vận chuyển (đưa) vào chỗ cần nhiệt.

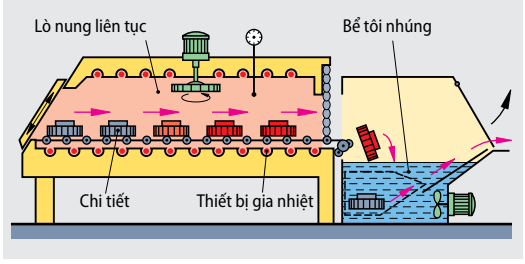


Hình 1: Máy đùn ép cho nhựa dẻo (Máy đùn ép nhựa)



Hình 2: Máy rèn dập

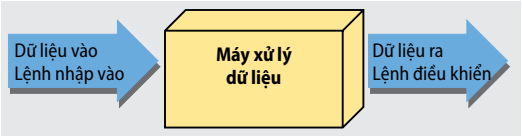
Hình 3: Máy tiện



Hình 4: Lò nung liên tục xử lý nhiệt

5.1.3 Hệ thống xử lý dữ liệu (Máy tính)

Hệ thống xử lý dữ liệu tiếp nhận dữ liệu và lệnh nhập vào (thông tin), xử lý dữ liệu và xuất ra dữ liệu và lệnh điều khiển (**Hình 1**). Nói chung hệ thống xử lý dữ liệu có thể gọi là máy chuyển đổi thông tin.



Hình 1: **Hệ thống xử lý dữ liệu như là hệ thống kỹ thuật**

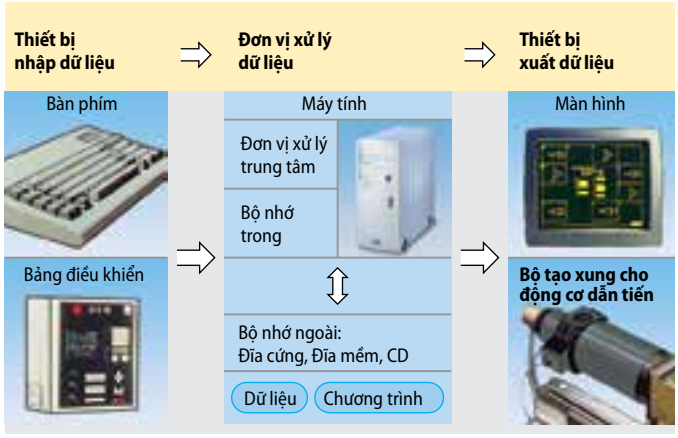
Phương cách làm việc của hệ thống xử lý dữ liệu được gọi ngắn là nguyên tắc NXX: **N**hập dữ liệu – **X**ử lý dữ liệu – **X**uất dữ liệu.

Hệ thống xử lý dữ liệu gồm các cụm thiết bị lắp ráp, được gọi là **phần cứng** (**Hình 2**).

Việc **nhập dữ liệu** được thực hiện bằng thiết bị nhập dữ liệu, thí dụ như bàn phím hay vùng thao tác của một bộ phận điều khiển CNC.

Việc **xử lý dữ liệu** do máy tính đảm nhận. Máy tính bao gồm bộ phận xử lý trung tâm cũng như các bộ phận lưu trữ trong và ngoài. Lệnh xử lý của máy tính được nhận từ những chương trình, gọi là **phần mềm**.

Việc **xuất dữ liệu** có thể thực hiện qua mô tả bằng hình ảnh trên màn hình hay qua các lệnh chuyển mạch cho những động cơ dẫn tiến của một máy công cụ.



Hình 2: **Cấu trúc của hệ thống xử lý dữ liệu từ các thành phần**

■ Thiết bị và hệ thống xử lý dữ liệu (Hình 3)

Thiết bị xử lý dữ liệu điện tử ngày nay đã trở nên phổ biến trong đời sống cá nhân và nghề nghiệp.

Máy tính bỏ túi là một máy tính nhỏ để tính toán nhanh và chính xác.

Máy tính cá nhân (PC) có thể làm rất nhiều việc. Lĩnh vực sử dụng chính là xử lý văn bản, sản xuất các đồ họa đơn giản, quản lý dữ liệu, thí dụ như trong việc lưu kho, điều khiển máy và hệ thống sản xuất (Trang 188) cũng như truy cập Internet.

Với **sự điều khiển số bằng máy tính** (**CNC**), những bước gia công đơn lẻ của quá trình sản xuất được điều khiển tự động trong máy công cụ.

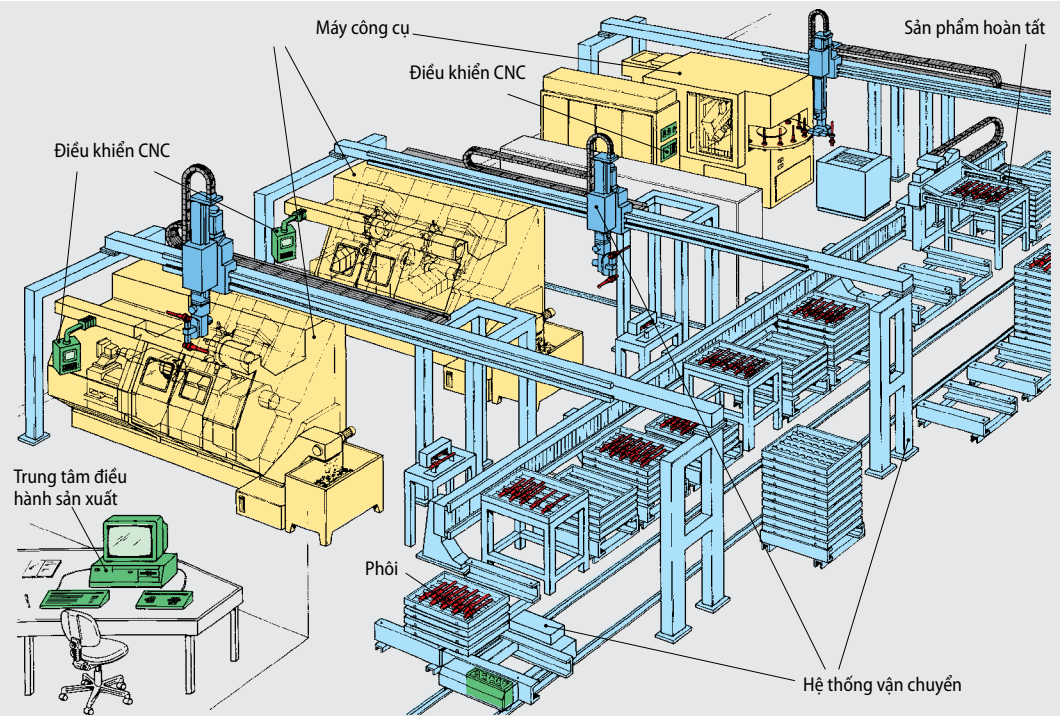
Hệ thống CAD (viết tắt của từ tiếng Anh **C**omputer **A**ided **D**esign, nghĩa là thiết kế với trợ giúp của máy tính) được sử dụng để tạo ra bản vẽ thiết kế trên màn hình. Cả những tính toán cho chi tiết máy cũng có thể thực hiện trên hệ thống CAD.

Hình 3: **Máy tính và hệ thống xử lý dữ liệu điện tử**

5.1.4 Dây chuyền sản xuất

Một dây chuyền sản xuất hiện đại bao gồm nhiều máy móc và thiết bị khác nhau, trong đó năng lượng, vật liệu và thông tin được biến đổi (**Hình 1**). Máy động lực, máy làm việc (máy gia công), hệ thống tay máy *(thiết bị xử lý thao tác)* và vận chuyển cũng như hệ thống xử lý dữ liệu được kết nối thành một đơn vị thống nhất, tạo điều kiện sản xuất với giá cả thuận lợi.

- Việc **cung ứng năng lượng** được thực hiện với các động cơ điện như là động cơ truyền động và trợ động (trợ lực hay servo) trong từng máy gia công và thiết bị vận chuyển.
- Việc **gia công** phôi được tiến hành trên máy công cụ CNC trong những công đoạn sản xuất nối tiếp.
- Việc **vận chuyển vật liệu** được đảm bảo bởi một hệ thống vận chuyển pa lét vận hành theo chu trình (định thời) và cổng nạp phôi. Hệ thống này đưa phôi vào máy công cụ và lấy ra sau khi gia công, chất vào bệ để hàng (pa lét) và chuẩn bị cho công đoạn gia công tới. Mạng lưới dữ liệu nối các điều khiển máy và trung tâm điều khiển sản xuất. Từ đây việc gia công trên những máy công cụ cũng như chuẩn bị vật liệu qua hệ thống vận chuyển sẽ được điều khiển và như thế các máy và thiết bị được kết nối thành một hệ thống tổng thể.



Hình 1: Hệ thống sản xuất cho gia công láp hộp số (trục hộp số) với sản lượng nhỏ và vừa

Ôn tập và đào sâu

1. Hãy giải thích nghĩa của máy biến đổi vật liệu qua thí dụ máy phay được thể hiện ở hình 2, trang 168.
2. Hàng rời ướt được chạy qua một lò đường hầm *(lò tuy nen)* để làm khô trên băng chuyền xích bản lề qua một đường hầm dài 12 m. Băng chuyền phải có vận tốc nào để đạt đến thời gian làm khô là 1,6 phút?
3. Vòng quay của một động cơ điện là bao nhiêu (1/min) khi nó đạt đến 36 vòng trong 3 giây?
4. Với phương trình nào người ta tính luồng khối lượng trên một băng vận chuyển?
5. Người ta hiểu thế nào về nguyên tắc NXX?
6. Hệ thống vận chuyển nào thực hiện việc vận chuyển vật liệu trong dây chuyền sản xuất ở hình 1?

5.2 Xử lý trong sản xuất và lắp ráp

5.2.1 Kỹ thuật về hệ thống xử lý

Quy trình xử lý cần thiết cho các công việc vận chuyển, gia công, lắp ráp và lịch trình kiểm tra trong sản xuất. Những hệ thống xử lý phù hợp cho việc thực hiện hoàn tất các công việc trên, thí dụ robot công nghiệp trong dây chuyền lắp ráp (**Hình 1**).

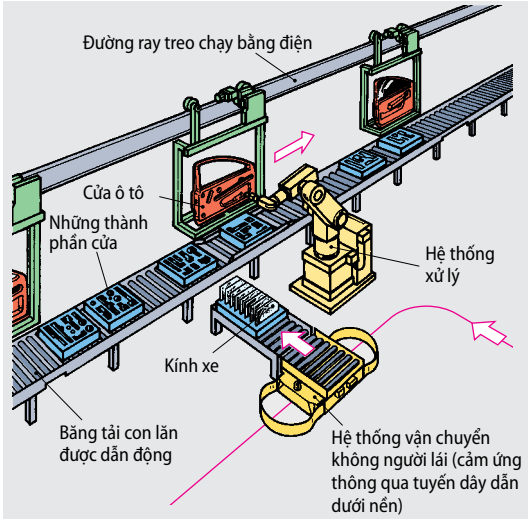
Ở đây hình thành một **dòng vật liệu** đến những nơi sản xuất và lắp ráp cũng như từ đó đi ra. **Xử lý** là một phần chức năng của dòng vật liệu này cũng như **vận chuyển** và **lưu kho**.

Những chức năng xử lý được chia làm 5 phần phạm vi. Để đơn giản hóa việc mô tả và soạn tài liệu cho những chức năng này, người ta sử dụng những biểu tượng tương ứng (**Hình 2**).

Thiết bị xử lý cho việc nạp vào và dỡ ra trong máy tiện thực hiện chủ yếu những chuyển động thẳng (ngang, dọc) và chuyển động quay. Qua đây, phôi được đưa đến mâm cặp và sau quá trình gia công thì được đặt vào thùng vận chuyển xem như là chi tiết hoàn tất để đưa đi (**Hình 3**).

Bậc tự do của mỗi hệ thống xử lý cho phép thực hiện những chuyển động này (thẳng và quay). Bậc tự do cơ học *f* cho biết số chuyển động độc lập, thí dụ trượt hoặc quay của cấu kiện đối với hệ chuẩn của nó (**Hình 4**). Có 3 bậc tự do **tịnh tiến** (thẳng), đó là chuyển động theo hướng trục X, Y và Z. Những chuyển động thẳng này làm thay đổi vị trí của cấu kiện.

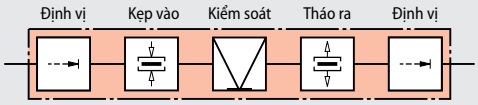
Ba bậc tự do **quay** (xoay) làm thay đổi **định hướng** của vật. Đó là nói về từng trường hợp xoay của các trục A, B và C.



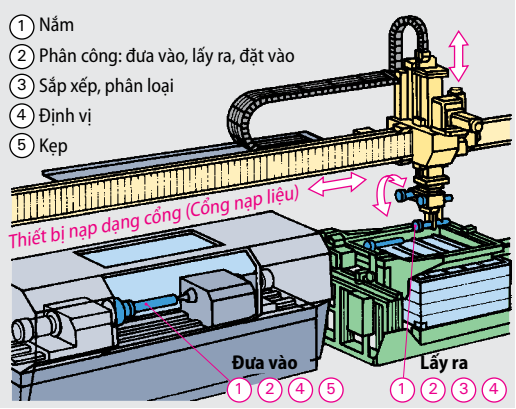
Hình 1: Lắp ráp cấu kiện cửa ô tô với thiết bị xử lý

Lưu trữ	Thay đổi số lượng	Chuyển động	Khóa	Kiểm soát
Lưu trữ có sắp xếp	Rẽ nhánh	Định vị	Kẹp	Kiểm tra
Thí dụ: Máng trữ, bộ nhớ	Thí dụ: Ghi rẽ, thiết bị phân phối	Thí dụ: cữ chặn	Thí dụ: Tay kẹp, nhận	Thí dụ: Cảm ứng,hệ thống kiểm tra

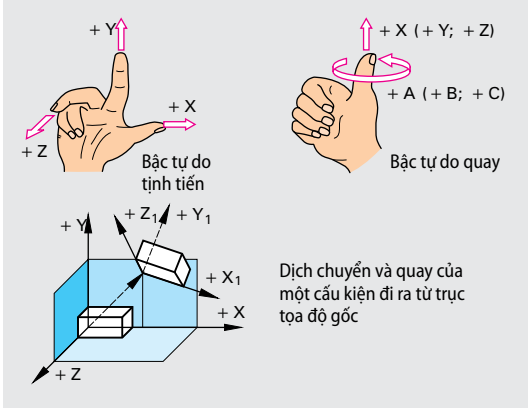
Thí dụ: Quá trình xử lý tại một trạm kiểm tra



Hình 2: Các biểu tượng (ký hiệu) diễn tả những chức năng xử lý



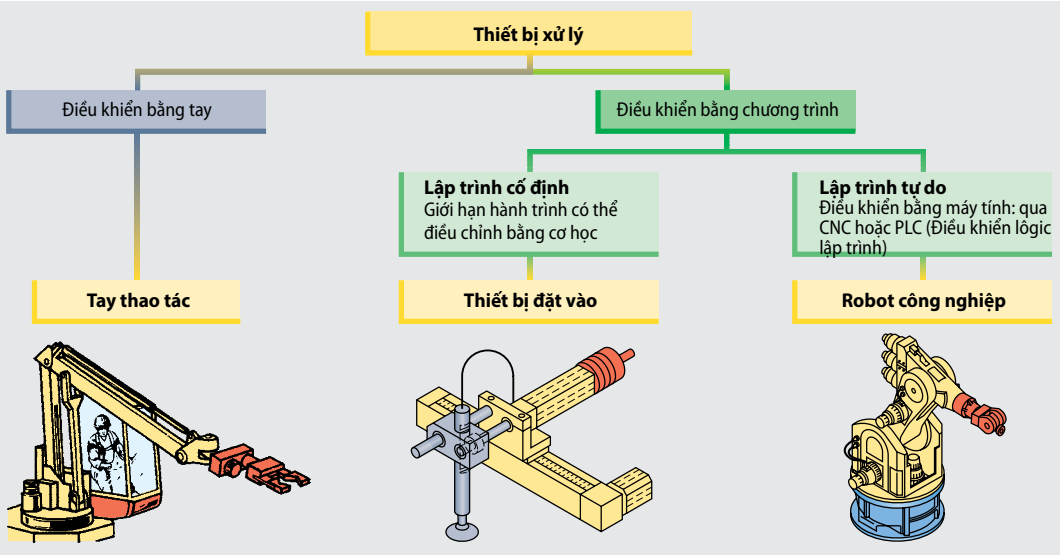
Hình 3: Những chức năng xử lý cho việc nạp vào và lấy ra của máy tiện



Hình 4: Bậc tự do của một vật

5.2.1.1 Phân loại hệ thống xử lý

Người ta phân biệt giữa tay máy (thiết bị thao tác, thiết bị giả động tác tay người), thiết bị đặt vào (điền vào) và robot công nghiệp (RBCN). Các loại đó có những hệ điều khiển và những khả năng lập trình khác biệt cho quy trình chuyển động.



Hình 1: **Phân chia hệ thống xử lý theo loại điều khiển**

Tay máy có thể di chuyển những cấu kiện nặng của máy và những tải nặng nguy hiểm thông qua điều khiển bằng tay. Qua việc điều khiển từ xa, thiết bị thao tác có thể sử dụng trong những nơi mà con người không được phép bước vào vì nhiệt độ nóng, lạnh, có áp suất hay chịu tia phóng xạ.

Thiết bị đặt vào (điền vào, nạp liệu) là những thiết bị được trang bị cho chuyển động tay kẹp tự động. Nó được đưa vào sử dụng trong sản xuất với số lượng lớn, khi thực hiện di chuyển từ điểm-tới-điểm, thí dụ như đưa chi tiết hoặc dụng cụ từ máng trữ đến máy. Những chuyển động đơn giản, như chuyển động nâng và chuyển động xoay, được điều chỉnh qua cữ chặn hoặc công tắc giới hạn.

Robot công nghiệp có thể chuyển động hầu như không giới hạn trong không gian hoạt động. Chuyển động có thể được lập trình tự do hoặc điều khiển qua cảm biến.

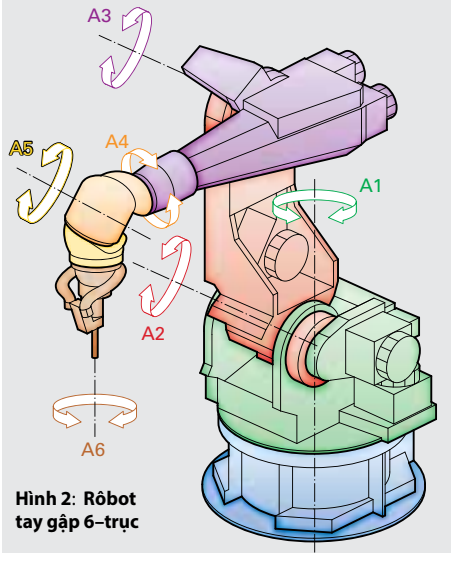
5.2.1.2 Động học và các loại kết cấu của robot công nghiệp (RBCN)

Cấu tạo động học của RBCN được xác định qua cách bố trí, loại và số trục tham gia vào chuyển động. **Trục** là những phần tử chuyển động của robot được điều khiển và được truyền động không lệ thuộc vào nhau.

Người ta phân biệt:

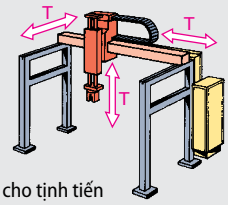
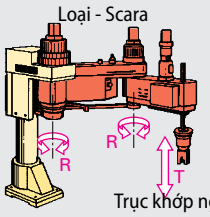
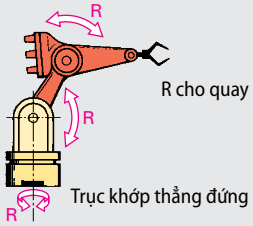
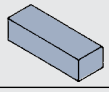
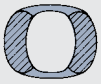
Trục quay: Với trục quay thì chuyển động quay nhanh có thể được thực hiện trong những khớp quay (khớp các đăng) A1 tới A6 (**Hình 2**).

Trục tịnh tiến: Với trục tịnh tiến thì trục chuyển động có thể là đường thẳng, tuyến tính song song với những trục tọa độ X, Y và Z.



Hình 2: **Rôbot tay gập 6–trục**

Loại kết cấu và những khả năng chuyển động (= động học) của robot cũng như sự hiện diện của các chuyển động quay (R) hoặc tịnh tiến (T) của trục chính robot xác định **không gian có thể hoạt động** (**Hình 1**). Không gian có thể ở dạng hình trụ, hình cầu và hình hộp thẳng. Dạng kết hợp giữa các phần tử cơ bản này được gọi là dạng lai: thí dụ không gian hoạt động của loại Scara[1)].

Đặc điểm	Loại kết cấu		
	Robot cổng	Robot tay xoay ngang	Robot tay gập thẳng đứng
Sắp xếp của những trục chuyển động (cấu tạo động học)			
Kết hợp các trục	3 trục tuyến tính Cấu trúc trục tọa độ TTT	1 trục tuyến tính 2 trục quay RRT (TRR)	3 trục quay RRR
Không gian hoạt động			
Phạm vi sử dụng	Nạp dụng cụ và chi tiết đến, lắp ráp, đặt lên palét	Lắp ráp, khoan, phay, kiểm tra	Hàn, làm sạch ba via, sơn, lắp ráp

Hình 1: Loại kết cấu và phạm vi đưa vào sử dụng của robot công nghiệp

Từ loại kết cấu cho ra kết quả về tính năng công suất của RBCN:

- **Số trục chuyển động**. Robot có càng nhiều trục (khớp) thì càng linh động hơn. Bậc tự do cao nhất f = 6 đòi hỏi tối thiểu là 6 trục chuyển động.
- **Không gian hoạt động**. Mô tả khả năng không gian di chuyển. Không gian hoạt động được tạo thành từ những vùng di chuyển của tất cả trục và đồng thời diễn tả những **phạm vi nguy hiểm** cho người sử dụng và bảo trì rôbot.
- **Tải trọng danh nghĩa**. Luôn luôn nhỏ hơn tải trọng cho phép tối đa và có thể được di chuyển với vận tốc không giới hạn.
- **Vận tốc**. Được tổng hợp theo thành phần từ các chuyển động của trục.
- **Độ chính xác lặp lại**. Độ lệch tối đa phát sinh bởi sự lặp lại việc tiếp cận tại một vị trí với những điều kiện giống nhau và ở trong phạm vi ± 0,01mm và ± 2mm.
- **Độ chính xác định vị**. Độ lệch tối đa khi định vị của tải trọng danh nghĩa.

Đặc thù và đặc trưng của RBCN được xác định bởi đặc điểm về công suất của nó: số trục chuyển động, độ chính xác định vị và độ chính xác lặp lại cũng như vận tốc.

Robot cổng được bố trí theo dạng cầu đi qua không gian hoạt động. Đặc biệt phù hợp cho những đường di chuyển dài và chuyển động nhanh với tải trọng lớn.

Robot cánh tay xoay ngang được sử dụng chủ yếu làm robot lắp ráp. Nó có độ bền vững lớn trong trục thẳng đứng và có thể di chuyển nhanh theo chiều ngang. Theo nguyên tắc kết cấu thì loại này giống cánh tay người nhất.

Robot cánh tay gập thẳng đứng cũng được gọi là **robot khớp** vì loại cấu tạo của nó. Lợi điểm là có không gian hoạt động tương đối lớn so với kích cỡ của nó, chuyển động nhanh và việc chỉnh thẳng bất kỳ của tay kẹp hoặc dụng cụ trong không gian. Vì sự linh hoạt của loại rôbot này nên người ta đưa vào sử dụng nhiều trong những công việc hàn và sơn. Loại robot này được sử dụng rộng rãi cho việc xử lý và gia công nên được xem là **robot vạn năng**.

1) **Scara** là chữ viết tắt của tiếng Anh: **s**elective **c**ompliance **a**ssembly **r**obot **a**rm = Tay máy mềm dẻo tùy ý để lắp ráp

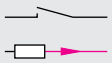
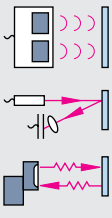
5.2.1.3 Các đơn vị chức năng của robot công nghiệp (RBCN)

Truyền động của RBCN phần lớn từ động cơ servo (trợ lực) 3 pha có thể điều chỉnh vòng quay được với thắng điện từ. Số vòng quay cao của động cơ điện được giảm tốc mạnh với bộ truyền động bánh răng điều hòa (Trang 428, hình 1) hoặc bộ truyền động bánh răng cyclo-fine (Hộp số trợ động với bánh răng hành tinh). Người ta có được số vòng quay trong phạm vi từ 0,2 đến 2 vòng quay mỗi giây.

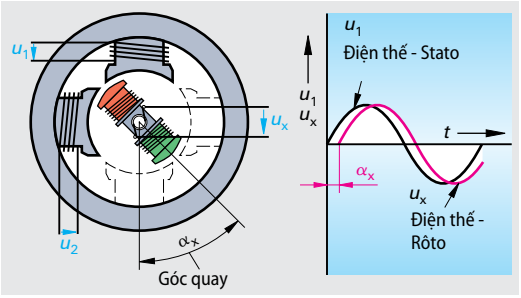
Bộ cảm biến là "giác quan" của robot. Có nhiều bộ cảm biến được đưa vào với các chức năng khác nhau (**Hình 1**). Những phần tử tín hiệu qua tiếp xúc biết được hình dạng và vị trí của chi tiết để gia công. Bộ cảm biến quang hoặc điện hoạt động không tiếp xúc xác định những thông tin từ không gian hoạt động của robot đến điều khiển, để theo dõi các lực và các chuyển động xuất hiện (Trang 468).

Hệ thống đo hành trình tuyệt đối theo kỹ thuật số (digital) với đĩa phân đoạn nhị phân nắm bắt được vị trí thật của trục quay và trục tịnh tiến.

Thiết bị analog thông báo vận tốc góc và vị trí góc, còn gọi là **bộ giải góc** (**Resolver**[1]) và chiết áp tuyến tính cho những dịch chuyển theo đường thẳng là những thiết bị được sử dụng rộng rãi (**Hình 2**). **Bộ giải góc** được gắn trên trục rôto. Nó tương ứng với cơ cấu của một máy phát điện xoay chiều với một cuộn dây rôto và hai cuộn dây stato đặt lệch nhau một góc 90^0. Cả hai cuộn dây cố định được cung cấp điện. Khi xoay sẽ cảm ứng trong rotor một điện thế lệch pha. Góc lệch pha α_x là độ lớn analog của góc quay mỗi trục.

Loại cảm biến	Chức năng
Bộ tạo bước góc, đĩa phân đoạn	Xác định chỗ, vi trí, vận tốc, gia tốc
 Công tắc giới hạn, rào ánh sáng	Giám sát sự an toàn
 Cảm biến tiệm cận cảm ứng hoặc dung tĩnh: 0,1....10mm. Cảm biến quang khoảng cách 1mm ...10 mm. Công tắc cảm biến 0,1..... 10 mm. Công tắc nút ấn (dò).	Đo khoảng cách, ghi nhận những cấu kiện
Công tắc nút ấn (dò). Xử lý ảnh qua hệ thống máy quay phim.	Ghi nhận đường biên của chi tiết. Nhận biết đường dẫn quỹ đạo, vị trí và trạng thái.
Cảm biến lực	Đo lực, áp suất, mômen quay.

Hình 1: Các loại cảm biến và chức năng của nó

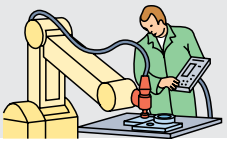
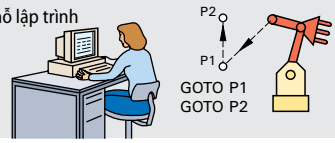


Hình 2: **Ghi nhận góc quay với Resolver (Bộ giải góc)**

5.2.1.4 Lập trình của RBCN (Robot công nghiệp)

Lập trình được thực hiện hoặc là trực tuyến (online), nghĩa là trực tiếp tại bảng điều khiển rôbot ở nơi làm việc (tế bào gia công) hay ngoại tuyến (offline) tại nơi lập trình với máy tính cá nhân mà không trực tiếp thấy rôbot (**Hình 3**).

Trong **lập trình bằng phương pháp dạy học** (**teach-in**)[2] thì những điểm trong không gian được điều khiển chạy đến bằng tay qua một bảng điều khiển tương ứng và tạo nên những chức năng của tay máy. Chương trình lập được qua đó có thể thử nghiệm và tối ưu hóa. Vận tốc di chuyển tay và vận tốc do chương trình có thể được chỉnh một cách liên tục.

Lập trình trực tiếp: ON-LINE	Lập trình gián tiếp: OFF-LINE	
Lập trình qua phương pháp Dạy (Teach)	Phương pháp văn bản	Phương pháp tương tác qua đồ họa
 Khởi động và nhớ những điểm di chuyển	Chỗ lập trình 	

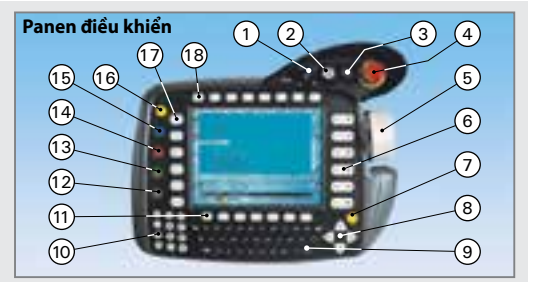
Hình 3: **Các phương pháp lập trình Rôbot**

[1] tiếng Anh resolver = phân giải [2] Tiếng Anh teach = dạy, huấn luyện

Lập trình dưới dạng văn bản là quy trình của chương trình được thực hiện với những câu lệnh (lệnh) trong một ngôn ngữ lập trình của robot. Có những ngôn ngữ khác nhau để sử dụng cho những hệ thống robot riêng lẻ.

Lập trình tương tác qua đồ họa truy cập trở lại vào dữ liệu CAD của tế bào robot (hệ thống ngoại vi) và dữ liệu của robot ở dạng mô hình dây, mô hình mặt phẳng và mô hình khối. Những chức năng xử lý có thể được lập trình ngoại tuyến (offline) và mô phỏng ảo trên một giao diện cho người sử dụng trước khi nó được kiểm tra và sử dụng trên thiết bị thật.

Khác với việc lập trình như lập trình của máy CNC, những điểm trong không gian mà robot cần phải tiếp cận, được tìm thấy qua **việc dạy** (**sự huấn luyện**). Ở đây đơn vị thao tác chuyên dùng cho rôbot được đưa vào sử dụng (**Hình 1**). Bàn điều khiển này có những bộ phận an toàn được tích hợp, thí dụ nút chấp nhận, không kích hoạt nó thì robot sẽ không hoạt động.



1. Công tắc chọn lựa loại vận hành
2. Truyền động MỞ (EIN)
3. Truyền động ĐÓNG (AUS/SSB-GUI)
4. Công tắc DỪNG KHẨN CẤP (NOT-AUS)
5. Chuột không gian (Chuột 3D)
6. Phím bấm cho tình trạng, bên phải
7. Phím nhập
8. Phím con trỏ
9. Bàn phím
10. Khối phím cho số
11. Khóa mềm (có thể thay đổi được)
12. Phím bấm KHỞI ĐỘNG - LÙI
13. Nút BẮT ĐẦU (Start)
14. Nút NGỪNG (Stop)
15. Phím chọn cửa sổ
16. Phím bấm THOÁT (ESC)
17. Phím bấm cho tình trạng, bên trái
18. Phím bấm gọi Menu (Bảng chức năng)

Hình 1: **Bảng điều khiển để tạo ra chương trình của Robot**

5.2.1.5 Hệ trục tọa độ

Để mô tả những điểm trong không gian trên các chuyển động của trục, người ta cần các **hệ trục tọa độ** khác nhau (viết tắt là **KoSyst**):

WORLD: Hệ trục tọa độ WORLD là một hệ trục tọa độ vuông góc cố định được quy định.

Nó là hệ trục toa độ gốc cho các hệ trục tọa độ ROBROOT và BASE. Trong việc chỉnh về gốc (chỉnh về vị trí cơ bản) thì hệ trục tọa độ-gốc nằm trong chân robot và trùng hợp với ROBROOT (**Hình 2**).

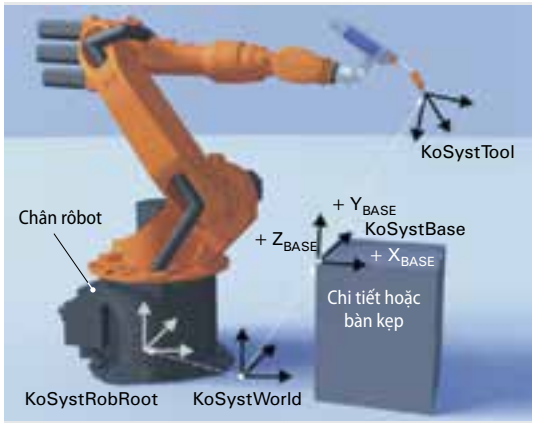
ROBROOT: với ROBROOT có thể định nghĩa được một dịch chuyển của robot đến hệ trục tọa độ gốc (WORLD).

BASE: Hệ trục tọa độ BASE là hệ trục tọa độ vuông góc, mô tả vị trí của chi tiết. Nó dựa vào hệ trục tọa độ WORLD và được đo bởi người sử dụng.

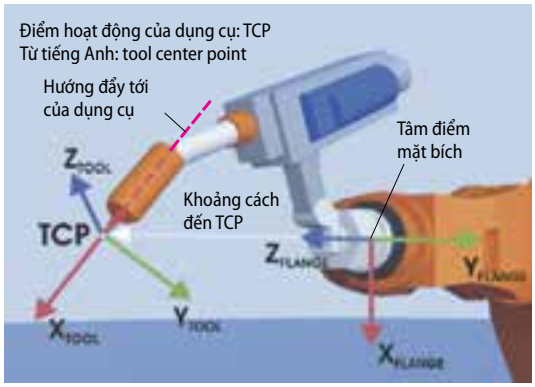
TOOL: Hệ trục tọa độ TOOL là hệ trục tọa độ vuông góc, nằm tại điểm hoạt động TCP (Tool Center Point) của dụng cụ. Nó dựa vào hệ trục tọa độ BASE.

Trong việc thiết lập cơ bản thì gốc của hệ trục tọa độ TOOL nằm ở tâm điểm mặt bích. Hệ trục tọa độ TOOL được người sử dụng đẩy vào trong điểm hoạt động của dụng cụ (**Hình 3**).

Một ưu điểm của việc dịch chuyển TCP (điểm hoạt động) từ tâm điểm của mặt bích đến TCP của dụng cụ là chuyển động thẳng trong hướng đẩy của dụng cụ (X_{TOOL}) khi điểm hoạt động (TCP) đứng nghiêng trong không gian.



Hình 2: **Tổng quát về hệ trục tọa độ** (**KoSyst**) **tại robot gập tay**



Hình 3: **Xác định điểm hoạt động** (**TCP**) **dựa vào hệ trục tọa độ mặt bích**

Khi dụng cụ và có thể là chi tiết đã được đo chính xác, chuyển động có thể được bắt đầu lập trình. Ngôn ngữ lập trình là tiếng Anh (**Hình 1**).

5.2.1.6 Các loại chuyển động của RBCN

• **Chuyển động điểm tới điểm PTP** (tiếng Anh: point to point): Robot dẫn điểm hoạt động của dụng cụ dọc theo quỹ đạo nhanh nhất để đến điểm cuối. Những trục robot chuyển động quay. Diễn tiến chính xác của chuyển động thì không thể thấy trước được. PTP được chọn ở một dòng trong chương trình (**Hình 2**).

Thí dụ: PTP | P1 | CONT | Vel= 100 %

Dòng này có nghĩa là từ một điểm bình thường (thí dụ gọi là điểm HOME), điểm P1 được chạy với vận tốc Vel (tiếng Anh velocity) = 100% (trong phương pháp thủ công là 250mm/s) theo chuyển động PTP.

• **Chuyển động LIN** (tiếng Anh là linear = đường thẳng): Robot dẫn TCP (điểm hoạt động) với vận tốc đã được quy định, thí dụ 2m/s dọc theo đường thẳng đến điểm cuối P1.

Thí dụ: LIN | P1 | CONT | Vel= 2 m/s

• **Chuyển động CIRC** (tiếng Anh là circular = vòng tròn): Robot dẫn TCP (điểm hoạt động) với vận tốc đã được quy định, thí dụ 2m/s, dọc theo quỹ đạo tròn đến điểm cuối. Quỹ đạo tròn được xác định bởi điểm đầu, điểm phụ và điểm cuối.

Thí dụ: CIRC | P1 | P2 | CONT | Vel= 2 m/s

Điểm P1 trong dòng này ở chương trình là điểm P_{AUX}, một điểm phụ, để từ điểm xuất phát P_{START} đến điểm cuối P2 (P_{End}) (**Hình 3**).

Ở chuyển động thẳng LIN và vòng tròn CIRC thì vận tốc được cho trực tiếp bằng số, thí dụ vel = 2m/s chứ không cho bằng%.

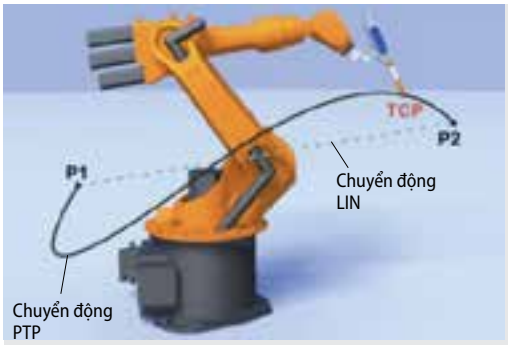
Ở tất cả 3 thí dụ lệnh "**CONT**" [1] được áp dụng. Nó được gọi là **đi vòng qua** (đi bỏ bước).

Đi vòng qua (đi bỏ bước) có nghĩa là: TCP (điểm hoạt động) rời khỏi quỹ đạo, mà trên đó TCP sẽ đi chính xác đến điểm đích, và đi trên quỹ đạo nhanh hơn. **Hình 4** diễn tả trường hợp đi vòng qua bởi một chuyển động **PTP**. **Không** đi qua điểm đã lập trình P2. Trong chuyển động **LIN** thì khoảng cách do đi vòng qua từ P2 phải được cho biết, khoảng cách này được phép sai lệch từ chuyển động thẳng (**Hình 5**). Trong trường hợp này **không** hình thành một quỹ đạo tròn.

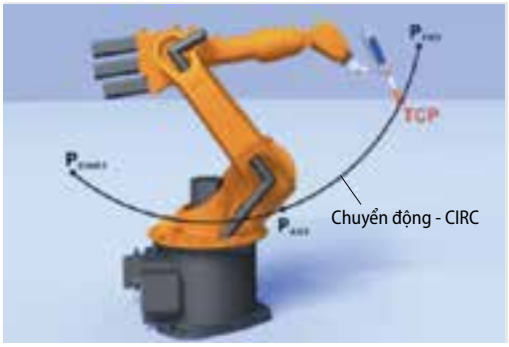
Trong chuyển động **CIRC** thì điểm P_{aux} luôn được tiếp cận chính xác. Quỹ đạo chuyển tiếp từ chuyển động vòng đến chuyển động thẳng cũng không tương ứng với bán kính.

```
1  DEF my_program( )
2  INI
3
4  PTP HOME  Vel= 100 % DEFAULT
   ...
8  LIN point_5 CONT Vel= 2 m/s CPDAT1 Tool[3] Base[4]
   ...
14 PTP point_1 CONT Vel= 100 % PDAT1 Tool[3] Base[4]
   ...
20 PTP HOME  Vel= 100 % DEFAULT
21
22 END
```

Hình 1: Chương trình với các lệnh chuyển động

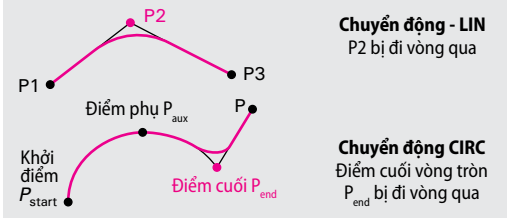


Hình 2: Chuyển động PTP và chuyển động LIN



Hình 3: Chuyển động CIRC

Hình 4: Đi vòng qua do chuyển động PTP



Hình 5: Đi vòng qua do chuyển động LIN và CIRC

[1] cont viết tắt của tiếng Anh: continuous path = đường dẫn liên tục

5.2.1.7 Giao tiếp của RBCN (Robot công nghiệp) và thiết bị ngoại vi

Lệnh cho phép **giao tiếp** với những thành phần ngoại vi cũng thuộc về lập trình điều khiển robot. Ở đó liên quan đến việc tiếp nhận và xử lý các tín hiệu đầu vào từ tế bào robot. Những tín hiệu đầu ra cũng được gửi vào tế bào từ robot (**Hình 1**).

Tín hiệu số (digital) được sử dụng nhiều cho tín hiệu đầu vào và đầu ra. Số lượng tín hiệu **liên tục** (**analog**) cho đầu vào và đầu ra được sử dụng ít hơn nhiều. Đại lượng vật lý của những tín hiệu này, thí dụ như áp suất, nhiệt độ, số vòng quay được đổi thành đại lượng điện, thí dụ điện thế, rồi sau đó được số hóa.

• Lập trình của lệnh **I/O** (**Vào/Ra**) với câu lệnh logic

Với lệnh "**OUT**", **cổng ra của rôbot** được điều khiển với số 1. Nó được đặt ở tình trạng "TRUE" (đúng) và nhận được giá trị logic "1".

Lệnh "**WAIT FOR**" đặt ra thời gian chờ tùy thuộc vào tín hiệu. Tín hiệu "TRUE" (đúng) được chờ nơi đầu vào IN1 của rôbot. Trong **hình 2** chỉ ra rằng lệnh đầu vào IN1 có thể đứng ở điểm nào đó của quy trình chuyển động.

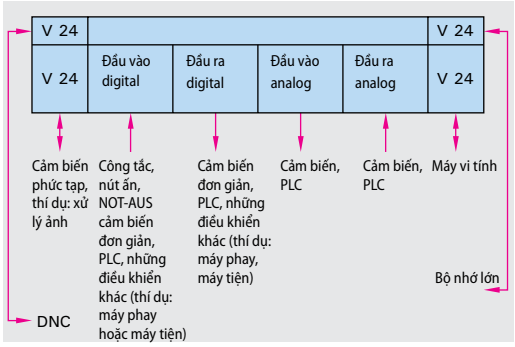
Câu lệnh "WAIT FOR" cũng cho phép kết hợp với những kết nối logic đơn giản AND (và), OR (hoặc) hay NOT (không):

WAIT FOR (IN1) **AND** (IN2) hoặc
WAIT FOR **NOT** (IN1 **AND** IN2)

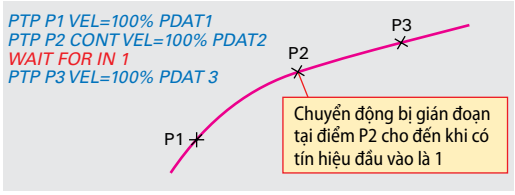
• Lập trình cho tay cầm (cơ cấu ngón kẹp, dụng cụ kẹp chặt)

Tay cầm là bộ phận thành phần của hệ thống robot, với những bộ phận đó người ta thực hiện những nhiệm vụ xử lý. Nó được gọi là **cơ cấu tác động cuối**. Tay cầm hoạt động vơi lực giữ bằng cơ, điện từ hoặc khí nén (thí dụ chân không) (**Hình 3**). Cơ cấu tác động cuối cũng có thể là kềm hàn điểm trong kỹ thuật ghép nối hoặc dụng cụ phun cho sơn phủ màu. Tay cầm được kết nối trong phần mềm qua cửa sổ chương trình đặc biệt. Trong chương trình tay cầm được ký hiệu thí dụ với GRP1. Mỗi loại tay cầm được sắp xếp theo **trạng thái** của nó (mở/đóng); ngoài ra có thể sắp xếp cổng vào và cổng ra của hệ điều khiển robot vào lĩnh vực xử lý công việc của tay cầm (**Hình 4**).

Dụng cụ được gọi ra từ chương trình, thí dụ **GRP 1** (gripper 1 = tay cầm 1), và được phân bố một trạng thái (STATE) (**Hình 5**).

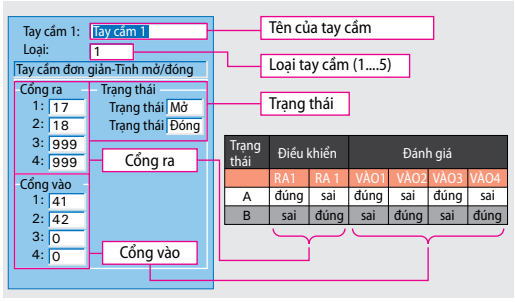


Hình 1: **Giao diện của robot**

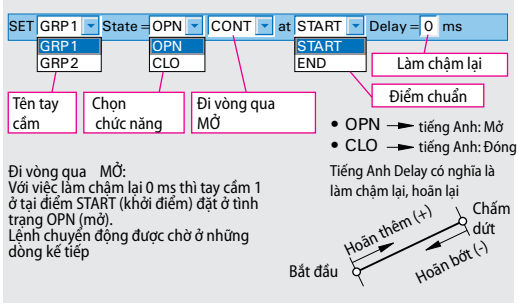


Hình 2: **Chức năng đợi tùy thuộc vào tín hiệu**

Hình 3: **Tay cầm giữ bằng chân không trong việc xử lý chip**



Hình 4: Cửa sổ chương trình cho cấu hình tay cầm



Hình 5: **Lệnh tay cầm trong một chương trình**

5.2.1.8 Sự an toàn khi đưa vào sử dụng những hệ thống xử lý thao tác

Đưa RBCN vào sử dụng làm tăng nguy hiểm cho người phục vụ cũng như những trang thiết bị trong nhà máy nếu không để ý đến những quy định về độ an toàn. Những nguồn gốc xảy ra nguy hiểm trong kỹ thuật xử lý là do:

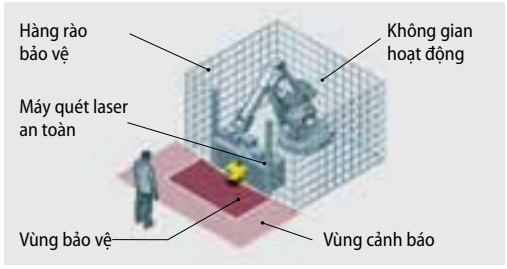
- Vận tốc di chuyển cao của mỗi trục.
- Không thấy trước diễn biến của những chuyển động, thí dụ ở những chuyển động PTP.
- Tải trọng lớn và khối lượng di chuyển nhanh.
- Bộ phận máy bị rơi và văng ra.
- Va chạm với thiết bị ngoại vi.

Những nguy hiểm khác xảy ra ở những quy trình sản xuất đặc biệt thí dụ bức xạ tia cực tím (UV) trong khi hàn hoặc nhiệt gia tăng mạnh (**Hình 1**).

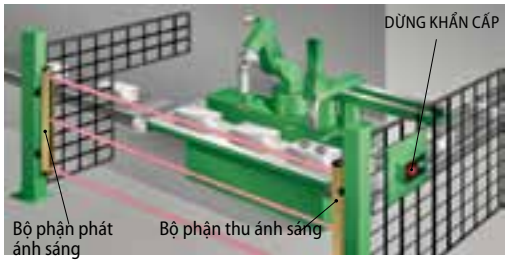
Hình 1: Lưới cản và bảo vệ trước tia lửa bắn ra ở tế bào robot hàn

Những trang bị bảo vệ để ngăn chặn hoặc làm chậm việc xâm nhập vào tế bào robot, thí dụ:

- Hàng rào bao quanh, lớp bao che và nắp đậy tế bào gia công.
- Máy quét laser an toàn để giám sát vùng bảo vệ và vùng cảnh báo trước và trong tế bào gia công (**Hình 2**).
- Màn ánh sáng quang điện tử và hàng rào ánh sáng (**Hình 3**), đệm nhấn an toàn.
- Kiểm tra nhận dạng người bằng khóa an toàn hoặc thẻ chip.



Hình 2: Sự an toàn nơi cổng vào của tế bào robot với máy quét laser



Hình 3: Những khả năng bảo đảm an toàn của phạm vi cổng vào

Một phần những thiết bị an toàn này bị vô hiệu hóa khi lập trình và cài đặt trong tế bào robot của RBCN.

Dù vậy, để bảo đảm an toàn cao, hệ điều khiển robot được bổ sung những phần tử an toàn như:

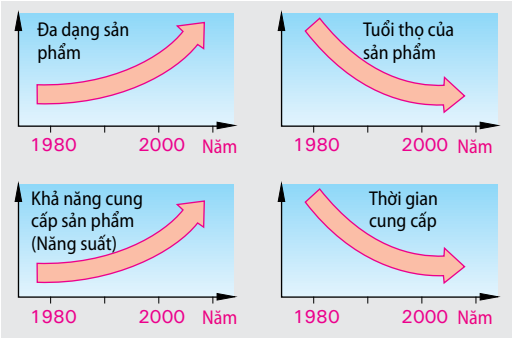
- Công tắc đồng ý tại bảng điều khiển. Với động tác thả ra hoặc nhấn lâu thì robot đứng yên. (**Trang 343, Hình 1**).
- Thiết bị dừng khẩn cấp (NOT-AUS) và nút ấn STOP (Ngừng).
- Qua nút ấn lựa chọn chế độ vận hành, người ta có thể sử dụng vận tốc di chuyển được giảm xuống cho chế độ cài đặt trước hay thử nghiệm. Để kiểm tra các chức năng tự động thì phải bảo đảm chắc chắn thoát ra khỏi tế bào robot.
- Công tắc giới hạn điều khiển bằng phần mềm hạn chế khả năng xoay và di chuyển của từng trục trong không gian.

Ôn tập và đào sâu

1. Robot công nghiệp có thể có bao nhiêu bậc tự do?
2. Loại robot nào là kết quả từ chuyển động trục quay và chuyển động tịnh tiến?
3. Hãy cho biết 3 loại cảm biến và những chức năng của RBCN?
4. Hãy giải thích về khái niệm "điểm hoạt động TCP"?
5. Dạng nào của hộp số được áp dụng cho robot?
6. Nhờ vào đâu người ta phân biệt được lệnh chuyển động PTP với lệnh LIN?
7. Hãy nêu lên khả năng an toàn ở những không gian hoạt động của RBCN?

5.2.2 Hệ thống sản xuất linh hoạt [1)]

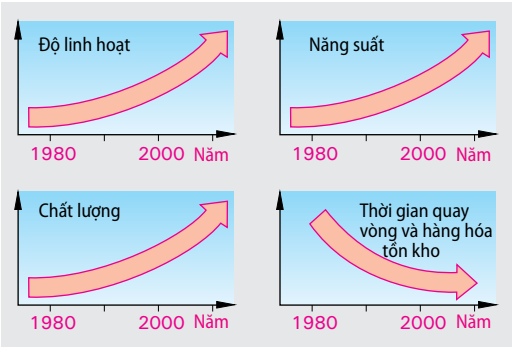
Nhờ vào sự tiến bộ của kỹ thuật nên nhiều sản phẩm thường được đưa ra thị trường sau một thời gian ngắn và bị thay thế bằng những sản phẩm khác (**Hình 1**). Qua đó xuất hiện trên thị trường một nguồn cung cấp rộng và đa dạng (thí dụ mẫu mã) của cùng một sản phẩm. Sự đa dạng sản phẩm này đã dẫn đến việc giảm cỡ lô (giảm sản lượng), đó là số lượng của các chi tiết giống nhau được gia công nối tiếp để hoàn tất. Về phía doanh nghiệp, những **đòi hỏi này của thị trường** cộng thêm với biến động mạnh của nhu cầu cho từng sản phẩm làm cho họ phải phản ứng nhanh và linh hoạt[1)].



Hình 1: **Những đòi hỏi của thị trường**

■ Mục tiêu và biện pháp

Từ những lý do về khả năng cạnh tranh, nhà sản xuất cũng phải linh hoạt trong sản xuất, chứ không chỉ có giá cả hợp lý và chất lượng tốt (**Hình 2**). Sản xuất đạt được **độ linh hoạt** cao khi chi phí lắp đặt lại cho chi tiết và phương pháp gia công khác nhau được giảm thiểu.



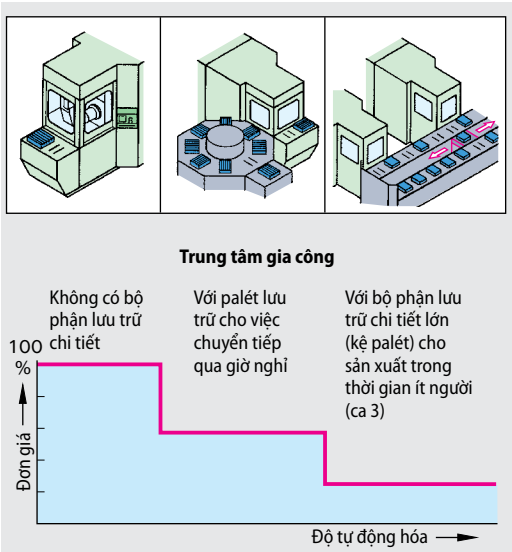
Hình 2: **Mục tiêu của doanh nghiệp**

Sản xuất đơn chiếc (sản xuất với số lượng bằng 1) đạt được khi những chi tiết khác nhau có thể được gia công theo thứ tự bất kỳ mà không cần phải chỉnh sửa máy lại. Vì đơn giá tăng với cỡ lô giảm (số lượng sản phẩm được gia công trong một đợt) nên hiếm khi cỡ lô nhỏ hơn 10 ở chi tiết phay và nhỏ hơn 40 ở chi tiết tiện.

> Mục tiêu tổng thể của sản xuất linh hoạt rất khó đạt được: sản xuất các chi tiết khác nhau với giá thành hạ theo thứ tự bất kỳ và với cỡ lô luôn thay đổi.

Người ta đạt được **số lượng tồn kho ít,** thời gian lưu kho và thời gian chờ ngắn nhờ quy hoạch về nhu cầu, quản lý hàng tồn kho và chuẩn bị vật tư với sự hỗ trợ của máy tính.

Chọn **cỡ lô phù hợp cho lắp ráp** làm giảm tồn đọng và chi phí kho tạm. Trong sản xuất chỉ có bao nhiêu sản phẩm được hoàn tất như nhu cầu lắp ráp cần thiết trong thời gian đó (sản xuất theo phương pháp Just-in-Time[1)]).



Hình 3: **Sử dụng máy**

Thời gian quay vòng ngắn. (Thời gian quay vòng là thời gian tính từ khi chi tiết được đưa vào nhà máy để sản xuất đến khi sản phẩm rời nhà máy). Thời gian này có thể rút ngắn khi giảm thời gian lắp đặt và thời gian phụ (gia công toàn bộ) cũng như chuẩn bị kịp thời vật tư, dụng cụ hoặc chương trình NC.

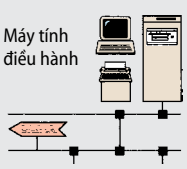
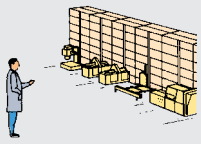
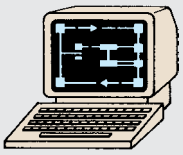
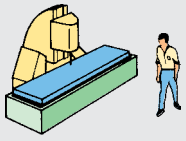
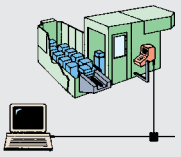
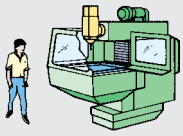
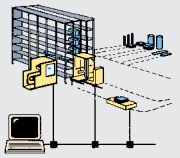
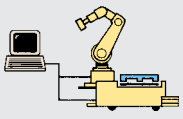
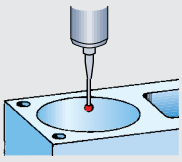
Đơn giá thấp. Chỉ có thể hạ giá thành khi **hệ số sử dụng thiết bị** cao (**Hình 3**). Việc này đạt được khi chi tiết được nạp tự động trong giờ nghỉ và ở ca 3 lúc có ít người.

[1)] Just in time = Kịp thời

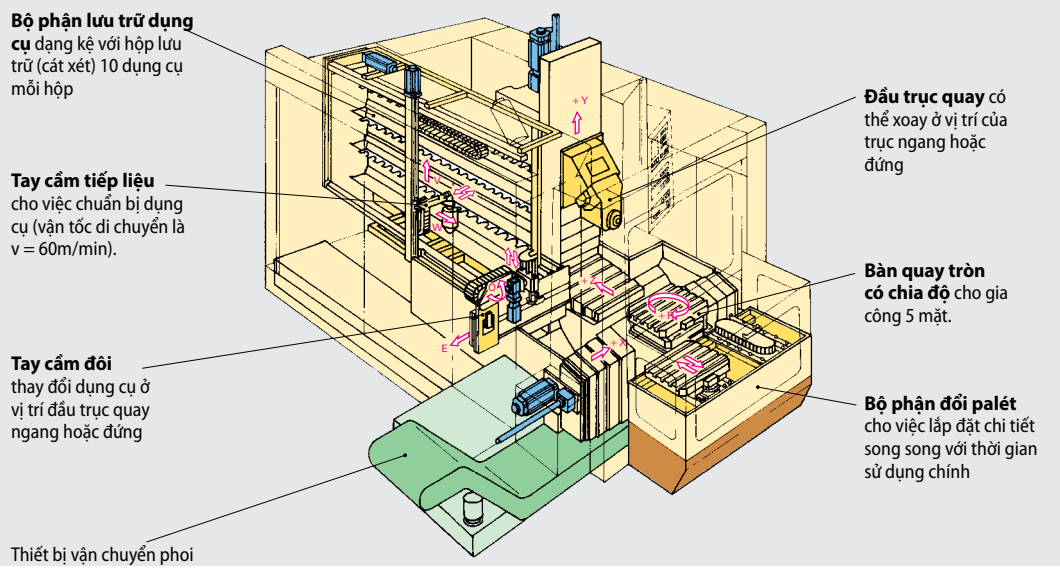
■ Sản xuất thông thường và sản xuất linh hoạt được tự động hóa

Trong sản xuất thông thường con người tham gia trực tiếp đến việc thực hiện các hoạt động bao gồm gia công, điều khiển và kiểm tra (**Bảng 1**). Nhiều nhiệm vụ này được máy tính đảm nhận trong sản xuất tự động linh hoạt, cung cấp thông tin nhanh giữa tất cả thiết bị sản xuất được nối mạng. Ở đây công nhân lành nghề có nhiệm vụ chủ yếu là theo dõi.

Bảng 1: Tính năng của hệ thống sản xuất thông thường và hệ thống sản xuất linh hoạt được tự động hóa

Hệ thống sản xuất thông thường		Sản xuất tự động linh hoạt được tự động hóa
Truyền đạt thông tin bằng miệng hoặc văn bản. Có thể có xử lý thông tin qua trung tâm	**Dòng thông tin** 	 **Dòng thông tin thông suốt**. Mạng dữ liệu kết nối thiết bị sản xuất với sự hỗ trợ máy tính và bộ nhớ số liệu của tất cả khu vực hoạt động
Điều khiển sản xuất bởi người chịu trách nhiệm, thí dụ: Đốc công. Điều khiển cơ trong máy	**Điều khiển** 	 **Ứng dụng của máy tính** Điều khiển và giám sát quy trình sản xuất với sự tích hợp của máy tính. Việc điều khiển có thể lập trình được.
Máy đơn (Máy lẻ) Trung tâm gia công Máy chuyên dùng Sản xuất dây chuyền. Sự tự động hóa chặt chẽ ở dây chuyền sản xuất theo chu kỳ	**Khái niệm sản xuất** 	 **Hệ thống sản xuất linh hoạt**. Khả năng thích ứng qua sự liên kết giữa những máy khác nhau và tế bào lắp ráp. Thay thế chi tiết và dụng cụ linh hoạt được tự động hóa.
Chỉ tự động với sản phẩm giống nhau với số lượng lớn. Con người thực hiện trực tiếp nhiều công đoạn. Phân chia công việc chi tiết	**Quy trình sản xuất** 	 **Quy trình sản xuất tự động**. Những chi tiết khác nhau được gia công hoàn tất theo những bước có thể lựa chọn được không có sự can thiệp thủ công. Phân chia công việc ít
Thực hiện vận chuyển, thay đổi chi tiết và dụng cụ một cách thủ công	**Dòng vật liệu** 	 **Dòng vật tư linh hoạt**. Hệ thống tích hợp cho vận chuyển, xử lý và lưu kho chi tiết, dụng cụ và thiết bị kẹp.
Giám sát máy hoặc thiết bị, dụng cụ và chất lượng một cách thủ công.	**Giám sát quy trình** 	 **Tối ưu quy trình một cách tự động** Giám sát thiết bị và sản xuất qua điều khiển bằng cảm biến. Chỉ đạo chất lượng với sự hỗ trợ của máy tính.

■ Tự động hóa trong trung tâm gia công



Hình 1: Trung tâm gia công cho việc gia công 5 mặt

Trung tâm gia công là máy phay và máy khoan CNC, được trang bị với bộ phận thay đổi dụng cụ và bộ phận lưu trữ dụng cụ (**Hình 1**), cho phép thực hiện gia công toàn bộ của chi tiết mà không có sự can thiệp thủ công.

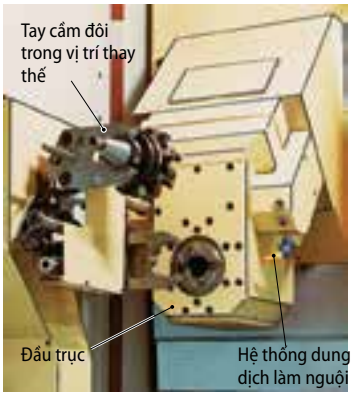
Với tự động hóa, thời gian thay đổi dụng cụ giảm xuống còn từ 4 đến 5 giây (**Hình 2**). Trong khoảng thời gian này dụng cụ được tháo ra và dụng cụ được thay thế vào bắt đầu thực hiện gia công cơ khí (thời gian từ phoi-đến-phoi).

Phần lớn những trung tâm gia công cũng có trang bị bộ phận thay đổi palét tự động, cho phép mở kẹp hoặc đóng kẹp chi tiết mới trong lúc phần trước đó đang ở thời gian chính (gia công). Qua đó, thời gian phụ cho việc thay đổi một palét được làm ngắn lại còn 20 đến 30 giây.

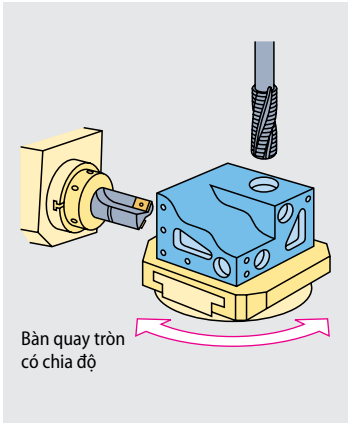
Với gia công 5 mặt trong một lần kẹp, người ta tránh được việc mất thời gian và sai lệch vị trí vì thay đổi kẹp chi tiết. Điều này có thể thực hiện được nhờ bàn quay tròn phân độ cùng với trục ngang và đứng chỉnh được (**Hình 3** và Hình 2). Những công việc thủ công của người điều khiển máy giảm xuống nhờ mức độ tự động hóa, trong khi trách nhiệm của họ tăng thêm vì việc giám sát quy trình hoạt động không lỗi và chất lượng của chi tiết.

Mục đích tự động hóa từng bước của một trung tâm gia công là **làm tăng việc sử dụng máy**.

- Thời gian sử dụng máy hàng ngày được tăng thêm qua việc khai thác thời gian xí nghiệp vắng người (ca 3).
- Giờ phụ được giảm do việc thay thế tự động dụng cụ và chi tiết, dụng cụ và chi tiết có thể được chuẩn bị sẵn trong khi đang gia công.



Hình 2: Đầu trục ngang / đầu trục thẳng đứng



Hình 3: Gia công 5 mặt

■ Các bậc tự động hóa

Trang thiết bị sản xuất linh hoạt được tự động hóa có thể được xem như những bước mở rộng của máy-NC cũng như những trung tâm gia công (**Bảng 1**).

Tế bào sản xuất linh hoạt

Nếu những trung tâm gia công được kết nối với palét lưu trữ tuần hoàn (quay vòng), người ta gọi đó là tế bào sản xuất linh hoạt. Bộ phận lưu trữ chi tiết cung cấp phôi thô cho máy trong một thời gian giới hạn, thí dụ cho một ca 8 tiếng đồng hồ, và giữ lại những chi tiết hoàn tất. Đa số những máy đơn chiếc hoặc hai máy giống nhau (tế bào đôi) được đưa vào sản xuất hàng loạt với cỡ lô trung bình.

Hệ thống sản xuất linh hoạt (FMS: Flexible Manufacturing System)

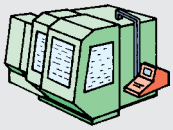
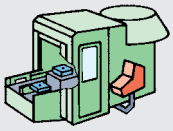
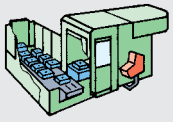
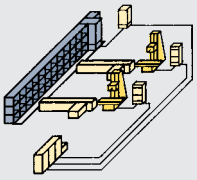
Nếu nhiều máy sản xuất cùng loại hoặc khác nhau có thể kết nối với nhau qua một hệ thống vận chuyển, chúng hình thành một hệ thống sản xuất linh hoạt. Việc cung cấp chi tiết và dụng cụ bảo đảm chắc chắn rằng dụng cụ, phương tiện kẹp, phôi và chi tiết gia công hoàn tất với đủ số lượng, thí dụ: cho 1 ca, được lưu trữ trong máng trữ và kho dự trữ và có thể được lấy ra, kẹp và đặt trở lại một cách tự động. Tùy theo mỗi loại sản phẩm, thông thường gia công toàn bộ đòi hỏi bổ sung vào trung tâm gia công và trang bị dụng cụ đo những trạm làm sạch ba via (rìa, ba vớ), trạm rửa và trạm lắp ráp. Do chi phí cao nên hệ thống sản xuất linh hoạt ít khi kinh tế.

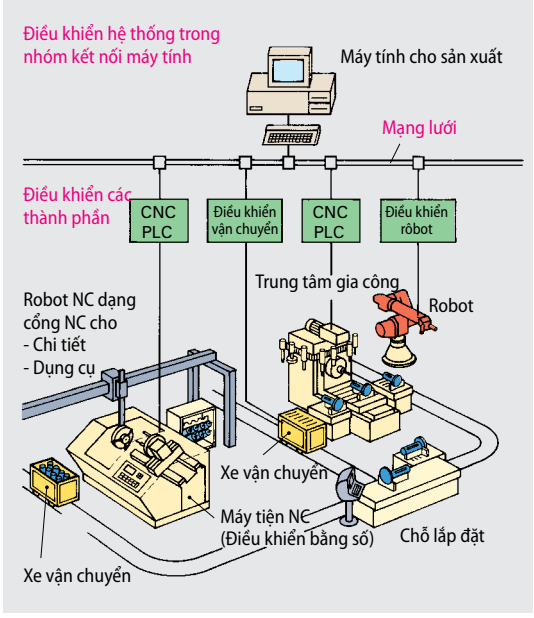
Đảo sản xuất linh hoạt (Hệ thống sản xuất cục bộ linh hoạt)

Đảo sản xuất linh hoạt gồm có những máy công cụ khác nhau và những trạm làm việc khác được liên kết lỏng lẻo trong phạm vi giới hạn của phân xưởng, để có thể gia công hoàn toàn những chi tiết giống nhau (những phần trong một dòng sản phẩm) (**Hình 1**).

Sự tự động hóa tăng lên trong sản xuất làm giảm đi sự cần thiết việc tham gia của con người trong quy trình gia công. Việc sử dụng máy có thể được tăng lên ở ca 3 ít người. Ngược lại với sự tự động hóa cố định, trong tự động hóa linh hoạt, tính linh hoạt cần phải đạt được cao nhất để có thể phản ứng nhanh đối với đòi hỏi của thị trường.

Bảng 1: Các bậc tự động hóa

Hệ thống sản xuất linh hoạt	Những thành phần của tự động hóa
	**Máy NC** + Thay thế dụng cụ từ bộ phận lưu trữ dụng cụ và thay thế chi tiết qua bộ phận thay đổi palét.
	↓ **Trung tâm gia công** + Cung cấp chi tiết qua bộ phận lưu trữ palét Giám sát dụng cụ và giám sát kích thước của chi tiết
	↓ **Tế bào sản xuất linh hoạt** +
	Vận chuyển chi tiết tự động từ bộ phận kẹp đến kho Kết nối tất cả các thiết bị sản xuất ↓ **Hệ thống sản xuất linh hoạt**

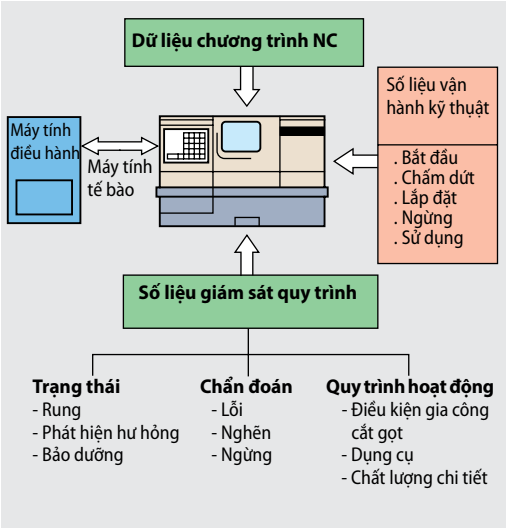


Hình 1: Đảo sản xuất linh hoạt

■ Những thành phần của thiết bị sản xuất linh hoạt

Dòng thông tin

Nhờ dòng thông tin trong một tế bào sản xuất, những trục NC được điều khiển qua những chương trình NC và những quá trình chuyển mạch được tác động bằng hệ điều khiển lập trình lôgic (PLC). Số liệu NC, số liệu vận hành và số liệu giám sát được yêu cầu hoặc gửi đi giữa máy tính tế bào của máy (máy tính trạm) và máy chủ (máy tính điều hành sản xuất) (**Hình 1**). Máy chủ đảm nhận hệ điều khiển trung tâm và theo dõi máy gia công cũng như những hệ thống xử lý và vận chuyển trong hệ thống.



Hình 1: Dòng thông tin ở tế bào sản xuất linh hoạt

Hệ thống vận chuyển chi tiết có nhiệm vụ cung cấp chi tiết một cách liên tục cho những máy được nối kết không bị gián đoạn. Phần lớn được đưa vào trong chuỗi kết nối máy những hệ thống vận chuyển palét chạy đường ray hoặc xe điều khiển bằng cảm ứng (Hình 1, trang 350).

Dòng vật liệu bao gồm vận chuyển, xử lý và lưu trữ chi tiết, dụng cụ và thiết bị làm việc. Thuộc nhóm này còn có thí dụ như sự cung cấp chất bôi trơn làm nguội và lấy phoi ra.

■ Thiết bị giám sát (Hình 2)

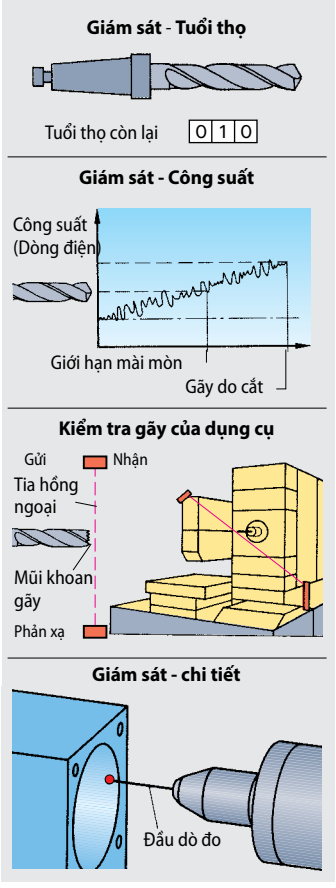
Sự giám sát cần bảo đảm việc hệ thống sản xuất luôn luôn sẵn sàng để sử dụng và bảo đảm chất lượng sản phẩm.

Giám sát tuổi thọ có nghĩa là tất cả thời gian sử dụng dụng cụ được ghi lại bởi bộ phận điều khiển máy và được so sánh với tuổi thọ định mức. Tuổi thọ hiển thị sẵn tại màn hình phải lớn hơn thời gian cho quá trình hoạt động kế tiếp của dụng cụ, nếu không thì dụng cụ tương đương (dụng cụ cùng loại, có cùng chức năng) phải được thay vào.

Giám sát công suất. Ở dụng cụ lớn, tình trạng hiện thời của nó có thể được nhận biết qua công suất truyền động của trục quay hoặc qua dòng điện vào của mô tơ truyền động. Nhu cầu về công suất được phát hiện bởi lát cắt đầu tiên. Với sự gia tăng mài mòn thì dòng điện vào tăng. Khi đến giới hạn mài mòn trên thì dụng cụ tương đương được thay thế, bất kể có bị mẻ lưỡi cắt hay không và làm ngừng trục quay.

Kiểm tra việc gãy mẻ của dụng cụ. Ở những dụng cụ dễ gãy, thí dụ những mũi khoan nhỏ, thì dụng cụ kiểm tra gãy bằng quang học là cần thiết. Tia hồng ngoại ghi nhận đầu nhọn của mũi khoan trước và sau công đoạn khoan. Ở đây trị số chênh lệch chỉ rõ việc gãy mẻ của dụng cụ.

Đầu dò đo được thay thế vào trong trục chính để nhận biết lỗi khi kẹp và để kiểm tra kích thước chi tiết hoặc dụng cụ.



Hình 2: Hệ thống giám sát

■ Linh hoạt và năng suất

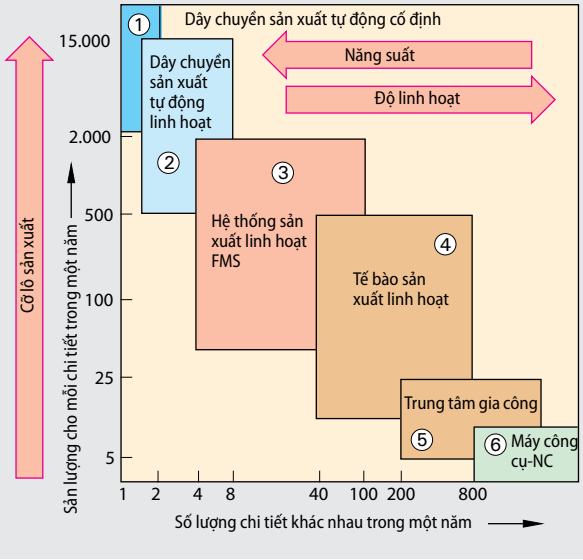
Linh hoạt và năng suất có phần đối nghịch nhau ở một số phạm vi sản xuất (**Hình 1**). Sản xuất hàng loạt thì năng suất ưu trội hơn, vì giá thành chi tiết càng thấp thì tổng doanh thu cho hàng bán càng cao.

Ở số lượng sản xuất nhỏ hơn và nhu cầu thị trường thay đổi bất thường, thiết bị cần phải đạt được tính linh hoạt cao. Dây chuyền sản xuất tự động cố định với lối bố trí cứng nhắc, máy tự động quay nhiều vị trí, máy tiện tự động cơ khí bị loại ra ở đây vì thời gian lắp đặt lâu bởi vị trí và hành trình di chuyển của dụng cụ hay giá mang chi tiết tốn rất nhiều thời gian để chỉnh bằng cơ khí. Ngược lại những máy NC (điều khiển bằng kỹ thuật số) được đưa vào sử dụng một cách rất linh hoạt vì qua sự điều khiển quỹ đạo các dạng chi tiết khác nhau có thể sản xuất được. Tuy nhiên việc gia công hoàn toàn trên máy NC lại hạn chế. Thông thường cho mỗi công đoạn tiện, phay, mài, cắt hay biến dạng người ta phải sử dụng máy NC riêng rẽ.

Thiết bị sản xuất linh hoạt có phạm vi ứng dụng phủ lên khu vực giữa dây chuyền tự động năng suất cao cho sản xuất hàng loạt và máy công cụ NC linh hoạt cao cho sản xuất đơn lẻ.

Gia công với hệ điều khiển quỹ đạo đến 5 trục cho phép sản xuất linh hoạt những chi tiết phức tạp không tốn nhiều thời gian thay đổi dụng cụ.

Người ta phải tìm cách rút ngắn thời gian quay vòng để đạt được năng suất vì thời gian này dài gấp mấy lần thời gian thực sự gia công. Thời gian quay vòng được tính là thời gian kể từ khi chi tiết được đưa vào nhà máy để sản xuất cho đến khi rời nhà máy. Đó là thời gian mà chi tiết đi qua chu trình sản xuất.



Khái niệm sản xuất	Phạm vi ứng dụng
① Dây chuyền sản xuất tự động cố định (định thời) Máy tự động quay nhiều vị trí.	Sản xuất hàng loạt cùng loại
② Dây chuyền sản xuất tự động linh hoạt	Sản xuất số lượng lớn những sản phẩm tương tự nhau
③ Hệ thống sản xuất linh hoạt	Sản xuất loạt trung bình của những phần cùng họ (nhóm gia đình). Gia công hoàn chỉnh.
④ Tế bào sản xuất linh hoạt	Sản xuất loạt vừa và nhỏ, Độ đa dạng lớn, Gia công toàn bộ
⑤ Trung tâm gia công	
⑥ Máy công cụ NC đơn lẻ	Sản xuất lẻ, Độ đa dạng lớn

Hình 1: Phạm vi ứng dụng thiết bị sản xuất

Ôn tập và đào sâu

1. Những điều kiện thị trường nào đòi hỏi sản xuất linh hoạt?
2. Những tính năng nào cho thấy được sản xuất tích hợp với máy tính?
3. Giám sát tuổi thọ hoạt động như thế nào?
4. Có những sự khác biệt cơ bản nào giữa tế bào sản xuất linh hoạt và trung tâm gia công?
5. Tại sao tế bào sản xuất linh hoạt là thỏa hiệp giữa một dây chuyền tự động sản xuất hàng loạt và một máy NC?
6. Sự mài mòn của dụng cụ được giám sát như thế nào?
7. Với hệ thống sản xuất nào người ta có thể đạt được năng suất cao, với hệ thống sản xuất nào có thể đạt được độ linh hoạt cao?

5.3 Đưa vào vận hành

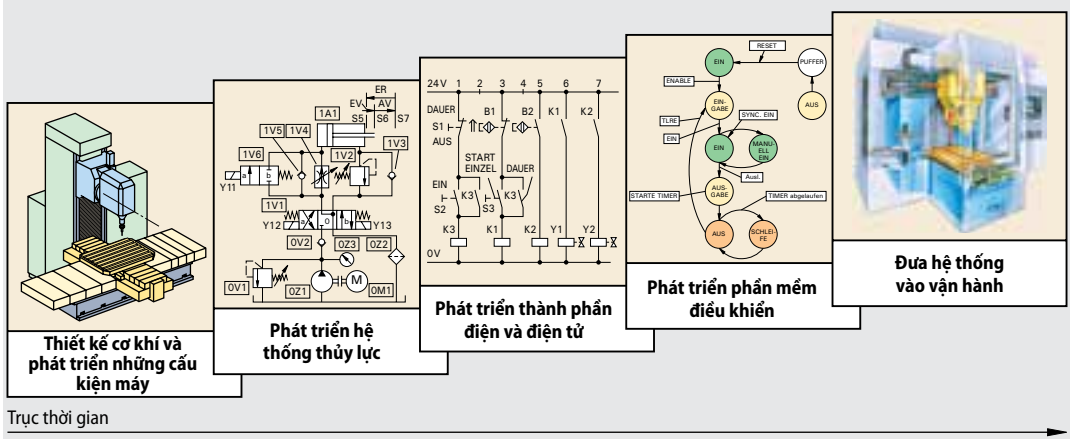
Đưa máy hoặc dây chuyền vào vận hành bao gồm:

- Lắp đặt và hiệu chỉnh máy
- Thiết lập kết nối điện
- Chỉnh (cài đặt) hệ điều khiển và điều chỉnh
- Kiểm tra chức năng qua chạy thử các quy trình hoạt động khác nhau và
- Xác nhận chức năng đúng quy định với biên bản nghiệm thu.

Công việc thiết lập điều khiển và điều chỉnh đảm nhận khoảng 90% công việc đưa vào vận hành theo yêu cầu. Giai đoạn đưa máy hoặc thiết bị vào vận hành cần ngắn để đưa máy hoặc thiết bị nhanh vào quy trình sản xuất. Chi phí đưa vào vận hành đối với thiết bị mới bằng 5-20% tổng chi phí đầu tư. Chi phí này tùy thuộc vào thời gian kéo dài của việc đưa vào vận hành. Trục trặc hoặc hư hỏng có thể dẫn đến việc gia tăng chi phí này.

Thực hiện nhanh và thành công việc đưa vào vận hành đòi hỏi sự chuẩn bị có hệ thống ngay từ trong giai đoạn phát triển thiết bị và lên kế hoạch lắp ráp. Cơ bản cho việc đưa vào vận hành thành công là sự hiểu biết máy và hệ thống của thợ lắp ráp thuộc nhà cung cấp máy cũng như kinh nghiệm của họ đối với việc đưa vào vận hành. Từ sự đánh giá về quản lý chất lượng và biên bản về hư hao khi đưa vào vận hành có thể đưa đến những cách tiến hành cụ thể để tránh những lỗi mới.

Sự phát triển thiết bị sản xuất phần lớn tiến hành từng bước (**Hình 1**).



Hình 1: Quy trình phát triển từng bước của một thiết bị sản xuất

Thiết kế hệ thống cơ khí cũng như phát triển các hệ thủy lực, điện, điện tử và phần mềm điều khiển được thực hiện theo những bước nối tiếp nhau. Tuy nhiên việc đưa vào vận hành, thử nghiệm và tối ưu hóa phần mềm điều khiển lại chỉ xảy ra sau khi máy thật được chế tạo. Điều này là một thất lợi đáng kể, vì chậm phát hiện và loại bỏ lỗi của phần mềm. Phần lớn những trường hợp loại bỏ lỗi này làm hao tốn rất lớn thời giờ và tiền bạc. Ngoài ra, nhiều tình trạng hỏng hóc hoàn toàn không thể kiểm tra vì những rủi ro có thể xảy ra do kỹ thuật an toàn.

Sự cần thiết rút ngắn thời gian phát triển và thời gian đưa vào vận hành đã ép buộc việc chuyển đổi từ phát triển từng bước sang phát triển song song, vượt qua chuyên ngành. Phương pháp giải quyết là ứng dụng mẫu ảo thử nghiệm đầu tiên, có lưu ý đến sự tham gia của tất cả các ngành chuyên môn. Với cách này không những tính năng vận hành mà cả tình trạng lỗi cũng có thể được thử nghiệm và tối ưu trong những giai đoạn sớm của thiết kế và phát triển, mặc dầu máy chưa hề tồn tại. Qua sự phát triển gần gống nhau giữa phần mềm và những hệ thống cơ khí, thủy lực, điện và điện tử, có thể có tác dụng phản hồi của những kết quả từ phát triển phần mềm trên cả hai phạm vi khác nhau. Sự mô phỏng việc đưa vào vận hành quan trọng ở chỗ là mẫu mô phỏng hoàn toàn có thể diễn tả toàn bộ trạng thái của máy dưới những điều kiện hoạt động.

5.3.1 Lắp đặt máy hoặc thiết bị

Hiệu suất và độ chính xác về vận hành của máy hoặc thiết bị tùy thuộc vào việc lắp đặt đúng quy cách. Cho nên phải chú ý đến bảng hướng dẫn lắp đặt kèm theo do nhà sản xuất cung cấp.

■ **Vận chuyển**. Trước khi vận chuyển thì tất cả các bộ phận có thể chuyển dịch phải được giữ chặt. Sử dụng những điểm móc treo cho việc vận chuyển với cần cẩu được quy định trước bởi nhà sản xuất (**Hình 1**).

> Máy chỉ được phép nâng, đỡ, đẩy và gắn chặt tại những điểm đã được quy định bởi nhà sản xuất.

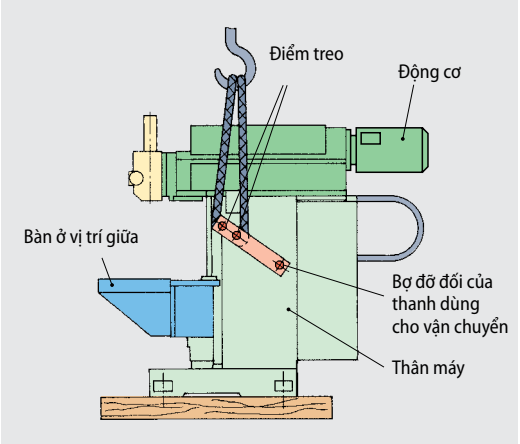
■ **Kiểm tra đầu vào và làm vệ sinh**. Máy và phụ kiện được kiểm tra sự nguyên vẹn và thông báo ngay về hư hao được xác định đến nhà cung cấp. Dầu chống gỉ sét ở đường trượt và những phần bóng láng khác phải được làm sạch bằng giẻ lau mềm. Sau cùng đường trượt được bôi dầu làm trơn.

■ **Lắp đặt**. Máy dụng cụ cần phải được lắp đặt cẩn thận và đúng quy cách. Nó được đặt tại nền nhà máy hoặc trên những bộ phận dao động điều chỉnh được. Kết nối của đế máy (nền) và nhu cầu mặt bằng cho máy được lấy từ sơ đồ lắp đặt (**Hình 2**).

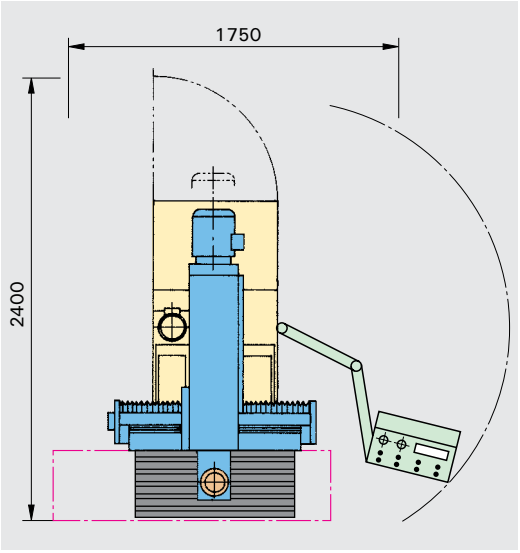
Những điều kiện lắp đặt là:

- Nền cũng như mặt sàn chịu được trọng tải và không bị rung
- Nhiệt độ trong phòng bằng nhau tại nơi lắp đặt
- Tiếp cận được với máy ở mọi hướng để bảo trì và sửa chữa
- Khoảng cách an toàn giữa tường và vị trí chạy hết ra của bàn gia công để tránh những tai nạn do kẹp gây ra.

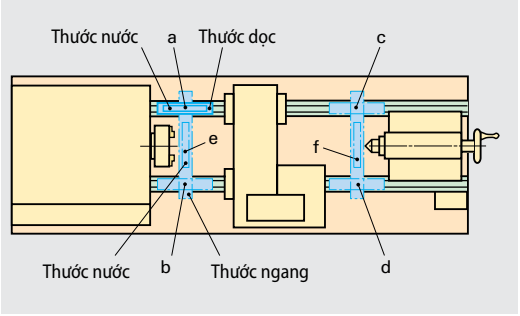
■ **Cân chỉnh**. Khi cân chỉnh (thí dụ như máy tiện), bàn dao được chạy đến giữa đường dẫn hướng (**Hình 3**). Sau đó tia laser được đặt tại các vị trí a, b, c và d theo hướng chiều dài và trên các vị trí e và f theo hướng chiều ngang và máy được cân chỉnh. Việc cân chỉnh máy phay thì bàn gia công được đặt lại đúng vị trí nằm ngang, với vị trí này người ta có thể thực hiện dễ dàng những kiểm tra sau đó, thí dụ kiểm tra độ đảo của hình côn trong của trục quay máy phay.



Hình 1: **Vận chuyển máy phay**



Hình 2: **Sơ đồ lắp đặt máy phay**



Hình 3: **Cân chỉnh máy tiện**

5.3.2 Đưa máy hoặc thiết bị vào vận hành

Thông thường việc đưa máy hoặc thiết bị vào vận hành được thực hiện một cách tuần tự theo sơ đồ định trước, tương tự cho tất cả máy (**Hình 1**). Ngoài ra cũng có hướng dẫn đặc biệt cho những nhóm máy riêng biệt.

Hình 1: Sơ đồ chức năng việc đưa vào vận hành máy và thiết bị

■ Cụm lắp ráp điện (Hình 2)

Trong khu vực thiết bị sản xuất cụm lắp ráp điện được xem như là phân hệ (hệ thống con) của tổng thể thiết bị. Do đó nó đã được nhà sản xuất kiểm tra trước khi lắp ráp. Với những kiểm tra này thì nó phải cung cấp được tất cả hiệu suất yêu cầu. Ngoài việc đưa vào vận hành, **nhân viên được ủy quyền** còn kiểm soát những điểm sau đây:

- Kiểm tra mạng cho mạch điện chính và mạch điện điều khiển
- Kiểm tra lỗi về việc đặt cáp
- Kiểm soát và sử dụng cầu chì
- Kiểm tra điện thế đưa vào
- Kiểm tra các biện pháp bảo vệ
- Kiểm tra hệ thống làm nguội
- Kiểm soát tất cả các quy định có được thực hiện hay không.

Hình 2: Cụm thiết bị điện

■ Cụm lắp ráp khí nén và điện khí nén (Hình 3)

Việc đưa vào vận hành cụm lắp ráp khí nén tiềm ẩn những rủi ro về tai nạn cho nhân viên lắp máy, thí dụ như những chức năng bị lỗi của cơ cấu truyền động (xi lanh khí nén, động cơ khí nén). Để tránh những rủi ro này, người ta đề nghị cách tiến hành sau đây:

- Kiểm tra số liệu kỹ thuật (áp suất khí nén, điện thế của mạch điện nơi thiết bị điện khí nén)
- Kiểm tra hệ thống đường ống và độ kín tại các cổng nối của nó.
- Kiểm soát các vị trí cơ bản của các bộ phận hoạt động và van.
- Thử nghiệm trình tự hoạt động từng bước không có chi tiết, điều chỉnh lại theo nhu cầu.
- Kiểm tra chạy với toàn bộ quy trình điều khiển không có chi tiết
- Thực hiện chạy thử có chi tiết
- Bàn giao máy cho khách hàng.

Trong khi đưa vào vận hành thì không được phép đưa tay vào trong phạm vi nâng của xi lanh, vì những xi lanh nhỏ cũng có thể là nguyên nhân gây thương tích.

Hình 3: Cụm thiết bị điện-khí nén

■ Cụm lắp ráp thủy lực (Hình 1)

Do áp suất cao và lực lớn nên cần phải đặc biệt cẩn thận với việc đưa vào vận hành những nhóm bộ phận thủy lực một cách có hệ thống. Những điểm sau đây cần lưu ý:

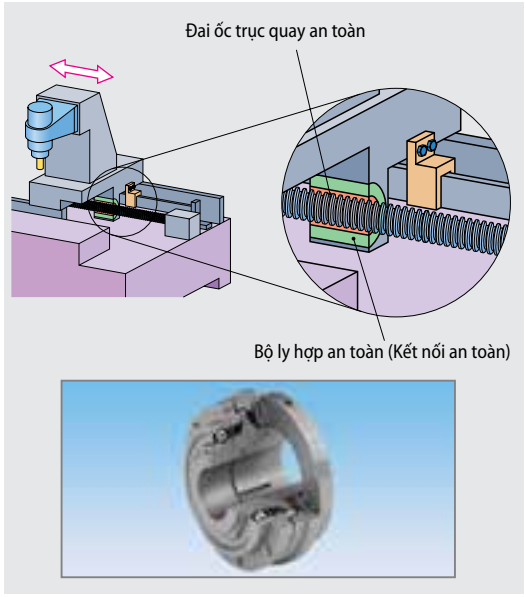
- Kiểm tra vị trí của hệ thống đường ống, không có điện áp, việc gắn chặt và bán kính uốn của ống.
- Kiểm soát bồn dầu dự trữ, bộ lọc, ống hút, hệ thống dẫn dầu và bình áp suất.
- Làm đầy thiết bị với chất lỏng có áp suất cho phép của nhà sản xuất với độ nhớt được quy định.
- Chỉnh và niêm chì van an toàn để giới hạn áp suất theo quy định của nhà sản xuất.
- Xả gió ra ngoài hệ thống thủy lực sau khi khởi động bơm thủy lực cũng như thoát khí lần nữa khi đạt được nhiệt độ hoạt động.
- Kiểm tra những vị trí rò rỉ trong toàn bộ thiết bị.

Hình 1: **Các cụm lắp ráp thủy lực của một thiết bị**

■ Cụm lắp ráp cơ khí (Hình 2)

Cụm thiết bị cơ với yêu cầu độ dung sai rất nhỏ để hoạt động không bị lỗi. Trước khi vận hành cần lưu ý:

- Kiểm tra sự kết nối quay nhẹ êm *(tính dễ di chuyển)* của bộ ly hợp trên trục
- Kiểm soát việc bôi trơn
- Kiểm soát việc cân chỉnh các phần của bộ ly hợp
- Kiểm tra lực xuyên tâm tối đa
- Kiểm tra sự mất cân bằng của bộ ly hợp khi hoạt động
- Kiểm tra bằng mắt toàn bộ bề mặt và hình dạng

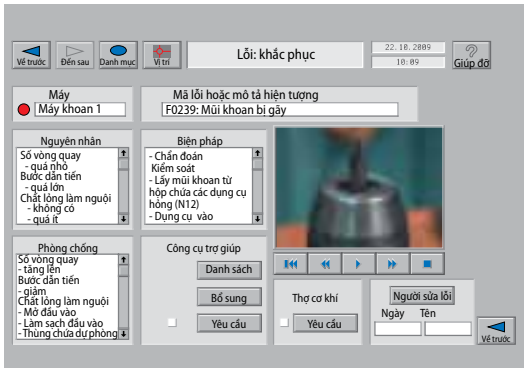


Hình 2: **Các bộ phận cơ** (**Bộ ly hợp an toàn**)

■ Chẩn đoán lỗi khi đưa vào vận hành

> Ít nhất một yêu cầu mà không được đáp ứng thì bị xem như có lỗi. Lỗi là nguyên nhân đưa đến sự gián đoạn hoặc trục trặc hệ thống.

Phần lớn lỗi xảy ra ở máy là do lỗi ở cấu kiện, ở lắp ráp hay lỗi ở nghiệm thu. Lỗi thường liên quan đến chi phí cũng như nguy hiểm đến con người và máy móc nên sự thực hiện việc chẩn đoán lỗi một cách có hệ thống (giới hạn lỗi) rất quan trọng. Những lỗi có thể nhận thấy dễ dàng qua nghe, thấy hoặc ngửi. Vị trí lỗi có thể như nơi phát ra âm thanh, vị trí khét với mùi cháy tại điểm đặt cáp hoặc khói và vị trí bị rò rỉ dầu. Những lỗi ẩn tàng khó nhận biết có thể được xác định do hệ thống chẩn đoán lỗi, thí dụ do đo áp suất, kiểm tra điện thế, dòng điện hoặc điện trở (**Hình 3**).



Hình 3: Hình trên màn hình của một hệ thống chẩn đoán lỗi

5.3.3 Nghiệm thu máy hay thiết bị

■ **Nghiệm thu**: Nội dung những công việc để có thể nghiệm thu và lắp đặt máy công cụ được qui định trong Tiêu Chuẩn Kỹ Nghệ Đức 8601 (DIN 8601) và các hướng dẫn khác của Hiệp Hội Kỹ Sư Đức (VDI).

Kiểm tra nghiệm thu máy công cụ bao gồm **kiểm tra hình học** qua đo trực tiếp (thí dụ như đo độ thẳng góc của trục dẫn tiến), **phương pháp kiểm tra với chi tiết mẫu** và **kiểm tra năng lực** máy công cụ (Trang 72).

Kiểm tra hình học. Người ta hiểu kiểm tra hình học là kiểm tra kích thước và hình dáng và vị trí, thí dụ từ bàn kẹp chi tiết và trục chính và những chuyển động của nó với nhau. Thí dụ độ thẳng, độ song song, độ vuông góc và độ đảo của trục dẫn tiến đều được kiểm tra.

Kiểm tra với chi tiết mẫu. Để kiểm tra máy, người ta xác định chi tiết kiểm tra điển hình và các điều kiện gia công, thí dụ như vận tốc cắt và bước dẫn tiến. Việc này cho phép đánh giá được những tính chất, thí dụ như độ chính xác định vị và vùng chết của bộ truyền động bước tiến, sai lệch dạng tròn, sai lệch kích thước và sai lệch góc hoặc độ song song và chất lượng của bề mặt gia công. Kết qủa kiểm tra được ghi lại trong biên bản.

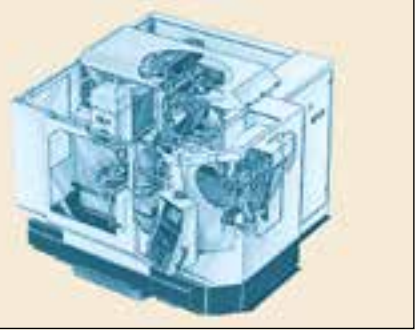
■ **Thẻ máy** (**Lý lịch máy**): Thẻ máy được cung cấp kèm theo bởi nhà sản xuất. Nó chứa nhiều số liệu máy và phục vụ cho kế hoạch làm việc và tính toán. Mặt trước của thẻ ghi tên máy, nhà sản xuất, loại máy và số máy cũng như năm sản xuất máy và năm mua máy (**Hình 1**). Mặt sau ghi thí dụ số liệu về công suất của động cơ và các cấp của hộp số.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

Thẻ máy cho máy phay vạn năng

Tên: Máy phay vạn năng		Loại	Số kiểm kê:
Nhà sản xuất		Nhà máy – số	Đặt hàng ngày/số
Nhà cung cấp		Năm xuất xưởng Mua	Nhà cung cấp
Ký hiệu đặc trưng của máy		Phụ tùng/thiết bị đặc biệt	Loại chi phí
Phạm vi hoạt động		NC-bàn tròn, 4-trục ø500mm	Vị trí đặt máy
Vị trí thẳng đứng của trục phay	Khoảng cách nhỏ và lớn từ trục phay đến cạnh trên bàn góc 105/605 mm		Nhóm-máy
	Khoảng cách nhỏ và lớn từ trục phay đến cạnh trên bàn tròn NC 110/610 mm	Bàn - thông dụng không có phần kẹp ø650x395 mm	Mức chi phí
	Khoảng cách từ trục phay đến trục quay cho đầu phay 120 mm	Bàn - thông dụng có phần kẹp ø650x395 mm	Cấp phẩm chất
Vị trí nằm ngang của trục phay	Khoảng cách nhỏ và lớn từ trục phay đến cạnh trên bàn góc 115/615 mm	Bàn góc 900x528 mm	Đặc biệt thích hợp cho
	Khoảng cách nhỏ và lớn từ trục quay phay – trục đến cạnh trên bàn tròn - NC 120/620 mm	Thiết bị chia độ NC	Sản xuất đơn lẻ và thiết kế dụng cụ
	Khoảng cách từ trục quay phay đến trục quay cho đầu phay 110 mm	Hệ thống đo với công tắc nút ấn	Gia công phay – CNC phức tạp

	Khả năng xoay của đầu trục quay		0 - 90°
	Đường kính trục tâm 100mm	chạy ra được	75 mm
Chuyển động dọc		tự động	630 (875) mm
Chuyển động ngang của trục quay trượt		tự động	500 mm
Chuyển động thẳng đứng		tự động	500 mm
Trục phay	Đường kính ổ bạc đạn trước ngang/thẳng đứng		80/55 mm
Hệ thống kẹp dụng cụ với bulông siết			Sk 40 DIN 69871 DIN 69872 - 19
Mặt kẹp Bàn góc			900x528 mm
Rãnh T, Số rãnh 7, bề ngang 14H7 mm			63 mm
Khoảng cách thẳng góc kẹp bề mặt vít đến rãnh – T đầu tiên			47mm
Cabin (buồng) bảo vệ với hệ thống an toàn			
Bộ phận thay đổi dụng cụ - thẳng đứng HTC 16			



Hình 1: **Thẻ máy** (**mặt trước**)

Ôn tập và đào sâu

1. Hãy làm rõ tiến trình phát triển từng bước của một thiết bị sản xuất.
2. Hãy nêu những điều kiện quan trọng cho việc lắp đặt máy hoặc thiết bị.
3. Những điểm cốt yếu nào phải được kiểm soát khi đưa một thiết bị khí nén vào vận hành?
4. Nhờ đâu người ta xác định được lỗi do việc đưa vào vận hành?
5. Những việc kiểm tra nghiệm thu nào được thực hiện trên máy hoặc thiết bị?

5.4 Đơn vị chức năng của máy và thiết bị

Máy và thiết bị được phân loại theo cấu trúc thiết kế thành những **cụm lắp ráp** (cũng gọi là **đơn vị thiết kế**). Thí dụ như một máy khoan trụ đứng gồm các cụm lắp ráp như động cơ điện, truyền động đai, trục máy khoan, bàn máy, chân máy và hệ điều khiển (**Hình 1**).

Mặt khác, máy và thiết bị có thể được phân loại thành các **đơn vị chức năng** theo các nhiệm vụ phải thực hiện của các cụm lắp ráp (các chức năng). Thí dụ như một máy khoan đứng có các đơn vị chức năng dẫn động, chuyển đổi mô men quay, khoan, đỡ và điều khiển.

Người ta có thể thực hiện chức năng qua các đơn vị lắp ghép khác nhau. Việc truyền mômen quay từ động cơ điện sang trục chính máy khoan có thể thực hiện qua hộp số có bánh răng, truyền động đai hay đĩa ma sát. Bằng cách phân chia chức năng tổng hợp của máy thành các đơn vị chức năng, cách vận hành của máy có thể hiểu được dễ dàng hơn, không phụ thuộc vào loại kết cấu của đơn vị lắp ráp.

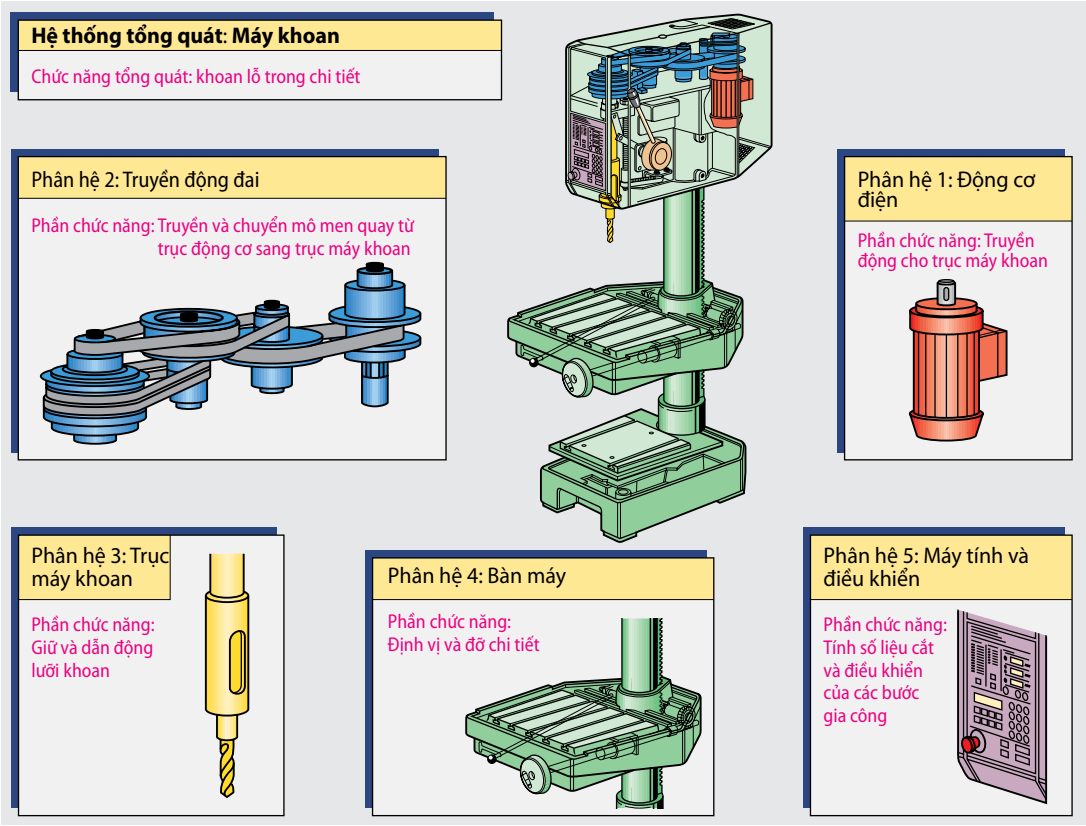
Qua sự hiểu biết về nhiệm vụ của từng đơn vị chức năng và tác dụng tổng thể, ta có thể nhận ra cách vận hành của máy.

5.4.1 Cấu trúc bên trong của máy

Máy là một hệ thống tổng thể kỹ thuật (Hình 1), bao gồm một loạt các phần hệ thống (phân hệ), các đơn vị thiết kế. Các đơn vị thiết kế này thực hiện được các phần chức năng (chức năng con, chức năng nhỏ).

Hệ thống tổng quát máy có một **chức năng chính** hay **chức năng tổng quát**. Thí dụ như ở máy khoan đứng thì chức năng tổng quát là khoan lỗ trong phôi gia công.

Chức năng tổng quát của một máy được thực hiện qua nhiều đơn vị chức năng con (Hình 1).



Hình 1: **Phân chia một máy khoan đứng thành các đơn vị thiết kế với những phần chức năng**

Các phần chức năng của **máy khoan** là truyền động cho trục máy khoan qua động cơ điện, chuyển mô men quay từ trục động cơ đến trục máy khoan, khoan lỗ với lưỡi khoan, định vị và đỡ chi tiết bằng bàn máy, điều khiển chuyển động bước tiến của lưỡi khoan và đóng bao truyền động đai để bảo vệ người sử dụng khỏi bị thương.

Ở **máy tiện** (Hình 1, trang 360) người ta có những đơn vị chức năng tương tự. Những phần chức năng ở đây là truyền động trục chính của máy tiện, truyền mô men quay của động cơ vào trục chính, gia công cắt gọt có phoi của chi tiết, điều khiển chuyển động dẫn tiến và chuyển động bước tiến ngang, mang và dẫn hướng bàn xa dao và đóng bao cho máy

Máy thực hiện chức năng tổng quát với số lượng có hạn của các đơn vị chức năng điển hình.

Những cụm lắp ráp của tất cả máy và thiết bị được phân ra thành một số ít các đơn vị chức năng:

- Đơn vị truyền động
- Đơn vị đỡ và mang
- Đơn vị bảo vệ môi trường và an toàn lao động
- Đơn vị truyền
- Đơn vị kết nối
- Đơn vị gia công
- Đơn vị đo lường, điều khiển và điều chỉnh

■ Chức năng cơ bản kỹ thuật máy

Tiếp tục phân chia nhỏ đơn vị chức năng của một máy, người ta sẽ nhận thấy nó được thực hiện qua tác động tổng hợp của một số các chức năng được gọi là chức năng cơ bản kỹ thuật máy.

Thí dụ: Động cơ điện, đơn vị truyền động của một máy tiện, gồm nhiều linh kiện với các chức năng cơ bản của kỹ thuật máy. Dây cáp để **dẫn** dòng điện đến động cơ điện, cuộn dây của động cơ tác động đến việc **chuyển đổi** điện năng thành cơ năng quay; trục máy **truyền** mô men xuất hiện trong động cơ sang cho hộp số (bộ phận truyền động); các vòng bi **đỡ và mang** trục động cơ.

Chức năng cơ bản kỹ thuật máy được thực hiện bởi các chi tiết máy.

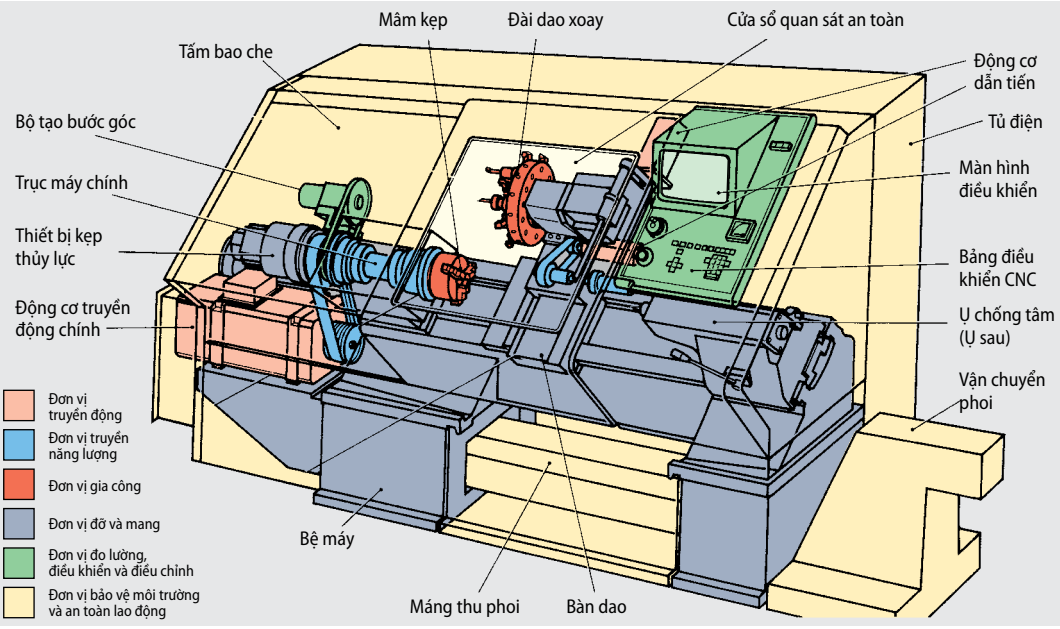
Bảng 1 chỉ ra một số chức năng cơ bản đã được lựa chọn và các cơ phận được đưa vào sử dụng cho mục đích này.

Bảng 1: **Những chức năng cơ bản của máy và các chi tiết máy được đưa vào sử dụng cho mục đích này** (**thí dụ**)

Dẫn, vận chuyển	Chất lỏng được dẫn qua **ống**, chất rắn được vận chuyển qua rãnh lắc. Điện năng được dẫn qua cáp, mô men quay được truyền bằng **trục**.		
Biến dạng, chuyển đổi, chuyển dịch	Số vòng quay được chuyển dịch với **cặp bánh răng**. Điện năng được chuyển đổi trong cuộn dây của **động cơ điện** thành cơ năng		
Liên kết, ghép nối	Liên kết giữa các cấu kiện được thực hiện, thí dụ như với **vít**. Liên kết của các dây dẫn điện được thực hiện với **ổ cắm và phích cắm**		
Cắt (chia), **tách ra**	Thí dụ cho cắt là sự **nghiền cắt** một tấm tôn (thép lá), **cắt gọt** phôi hay **cắt bằng tia lửa** một giá đỡ. Dòng năng lượng hay tín hiệu được được ngắt (tách ra) với một **công tắc điện**		
Lưu trữ	Khí được lưu trữ trong **bình khí nén**, chi tiết trong **giá kê**. Điện năng lưu trữ trong **ắc quy**, cơ năng trong lò xo.		

5.4.2 Đơn vị chức năng của một máy công cụ CNC

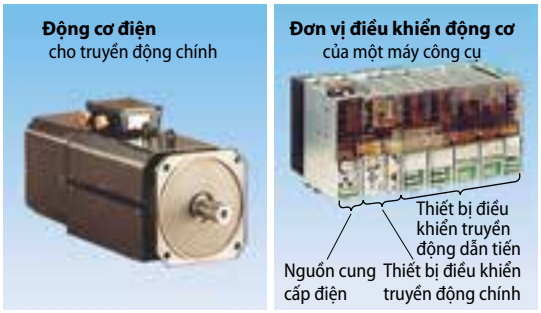
Một máy tiện CNC cũng phân chia thành các bộ phận máy *(cụm lắp ráp)*, tương đương với các đơn vị chức năng điển hình của máy và thiết bị (**Hình 1**).



Hình 1: Máy tiện bàn nghiêng CNC và các đơn vị chức năng

■ Đơn vị truyền động

Đơn vị truyền động cung cấp cơ năng cần thiết để vận hành máy. Ở máy công cụ đó là **động cơ điện** cho truyền động chính, cho truyền động dẫn tiến, cho máy bơm thủy lực và thiết bị vận chuyển phoi. Đơn vị truyền động đầy đủ của một máy tiện CNC bao gồm động cơ điện và những đơn vị điều khiển nằm trong tủ chuyển mạch (tủ điện) (**Hình 2**). Nó đảm bảo nguồn cung cấp dòng điện cho động cơ và tạo điều kiện cho việc điều chỉnh vòng quay vô cấp.

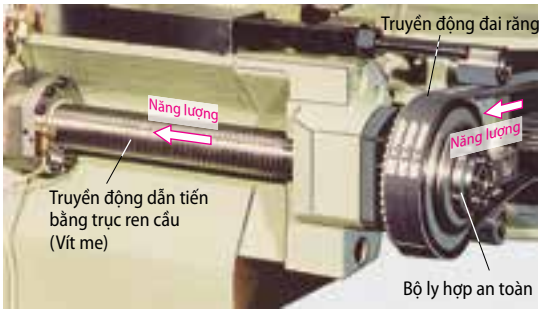


Hình 2: Đơn vị truyền động (Động cơ điện) cho trục chính và đơn vị điều khiển động cơ

■ Các đơn vị truyền năng lượng

Động năng cung cấp từ đơn vị truyền động phải được dẫn đến đơn vị gia công và vòng quay phải được chuyển dịch sao cho phù hợp với những yêu cầu của đơn vị gia công. Các bộ phận truyền năng lượng là đai truyền, trục truyền động, trục quay, khớp ly hợp, bánh răng và hộp số (**Hình 3**).

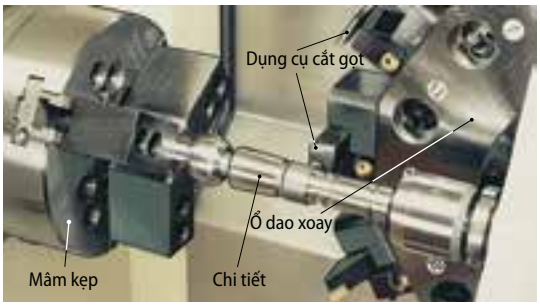
Trong máy tiện CNC (Hình 1) việc truyền năng lượng từ động cơ của truyền động chính đến phôi được thực hiện qua truyền động đai, khớp ly hợp, trục máy chính và mâm cặp.



Hình 3: Các đơn vị truyền năng lượng

■ Đơn vị gia công

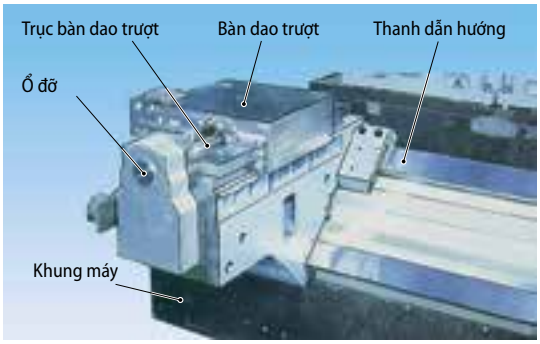
Đơn vị gia công là một phần của máy, thực hiện thật sự chức năng chính. Chức năng chính của máy tiện là gia công cắt gọt có phoi qua phương pháp tiện. Ở máy tiện CNC đơn vị gia công bao gồm trục gia công với thiết bị kẹp phôi (mâm kẹp) cũng như ổ dụng cụ quay (Ổ dao quay) với dụng cụ gia công (**Hình 1**).



Hình 1: **Các đơn vị gia công của máy tiện**

■ Đơn vị đỡ và mang

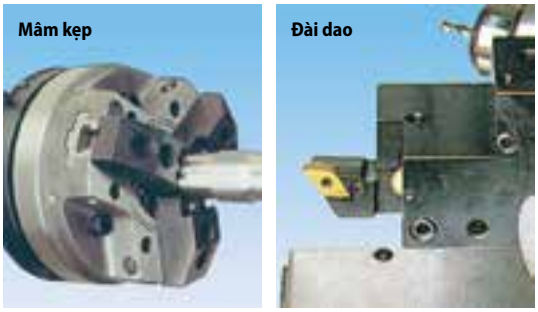
Đơn vị đỡ và mang cơ bản của một máy là bệ máy (**Hình 2**), trên đó tất cả các bộ phận được lắp ráp. Các bộ phận phải trượt, thí dụ như bàn dao, được di chuyển trên cơ cấu dẫn hướng (thanh trượt). Các bộ phận quay được dẫn vào trong ổ đỡ và chuyển lực tác dụng sang cho khung máy.



Hình 2: **Đơn vị đỡ và mang của một máy tiện bàn nghiêng CNC**

■ Đơn vị kết nối

Đơn vị kết nối tạo ra kết nối giữa các cấu kiện và các cụm lắp ráp. Các cơ phận kết nối thí dụ như chốt, móc khóa nhanh, vít và đai ốc, then cho kết nối trục-đùm, chi tiết kẹp và giá đỡ dao (**Hình 3**).



Hình 3: **Các đơn vị kết nối của một máy tiện**

■ Đơn vị đo lường, điều chỉnh và điều khiển

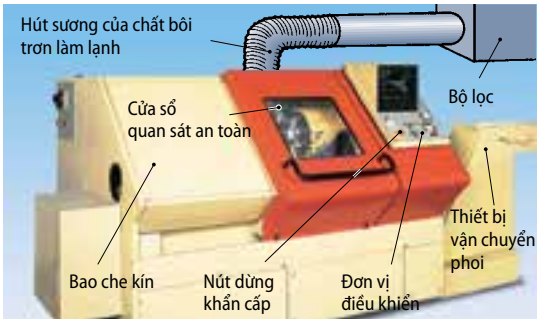
Thiết bị đo lường đo số vòng quay, đoạn đường di chuyển, kích thước chi tiết hay công suất tiêu thụ của động cơ.

Các đơn vị đo và điều chỉnh liên hợp đảm bảo giữ được trị số đã chọn. Thí dụ như trong máy tiện CNC đoạn đường dẫn tiến được đo. Khi có sai biệt với giá trị định mức, đơn vị điều chỉnh sửa lại chuyển động dẫn tiến cho đến khi đạt được giá trị định mức.

Các đơn vị điều khiển được sử dụng để cho các quy trình và công đoạn gia công của máy vận hành tự động. Thí dụ như trong máy CNC, các trình tự gia công mong muốn (chương trình) qua một bàn thao tác được nhập vào và lưu trữ cho hệ điều khiển (**Hình 4**). Máy sẽ tự động thực hiện theo thứ tự công việc được chọn qua các lệnh điều khiển.

■ Đơn vị cho bảo vệ môi trường, xử lý chất thải và an toàn lao động

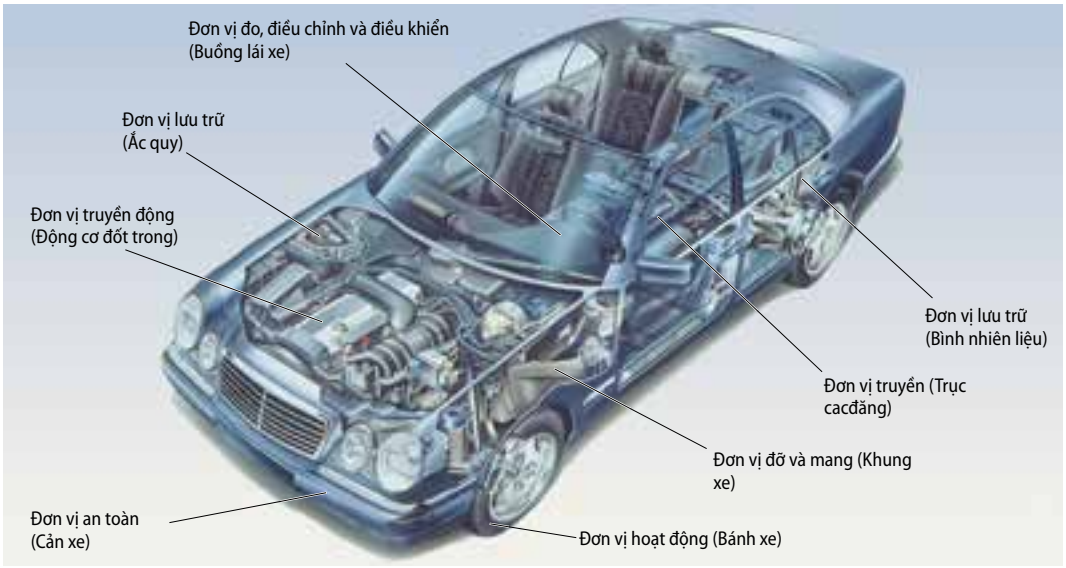
Máy có vỏ bao che kín để bảo vệ người làm việc. Phoi văng ra sẽ được chặn lại và chuyển đi từ thiết bị vận chuyển phoi. Sương của chất làm lạnh và bôi trơn được hút ra. Cửa sổ quan sát an toàn tạo cho việc nhìn thấy các công đoạn gia công được dễ dàng. Nút dừng khẩn cấp làm máy ngưng hoạt động ngay lập tức.



Hình 4: **Các đơn vị chức năng điều chỉnh và điều khiển, bảo vệ môi trường, xử lý chất thải và an toàn lao động**

5.4.3 Các đơn vị chức năng của một ô tô

Một ô tô chở người là một bộ máy rất phức tạp, bao gồm hàng chục nghìn chi tiết đơn lẻ (**Hình 1**). Chức năng tổng quát của một ô tô chở người là chuyển động để chuyên chở người.



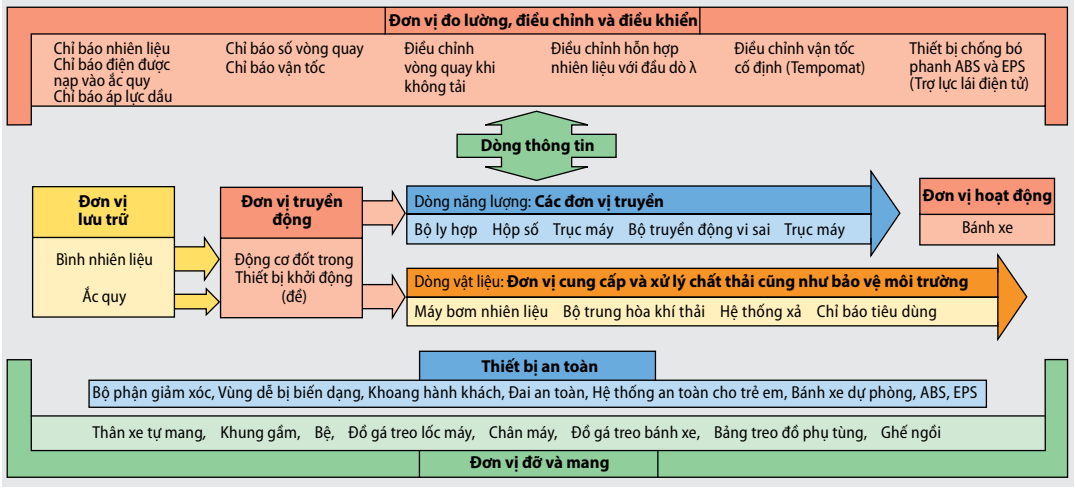
Hình 1: Hình vẽ phối cảnh có thể nhìn thấy bên trong (Hình tia X) của một chiếc ô tô với những đơn vị chức năng quan trọng

Qua những tác động tổng hợp hữu ích của từng đơn vị chức năng, chức năng tổng thể của ô tô được thực hiện (**Hình 2**).

Đơn vị chức năng trung tâm của một ô tô là: đơn vị truyền động, bao gồm cả những đơn vị xử lý sạch khí thải – đơn vị truyền – đơn vị vận hành – đơn vị lưu trữ. Trong những đơn vị chức năng này, trình tự chuyển đổi năng lượng và chất của hệ thống toàn bộ ô tô được thực hiện.

Những đơn vị chức năng trung tâm của đơn vị đo lường, điều chỉnh và điều khiển được giám sát, điều chỉnh và điều khiển một phần nào đó. Dòng chảy thông tin chính chạy qua nơi đây.

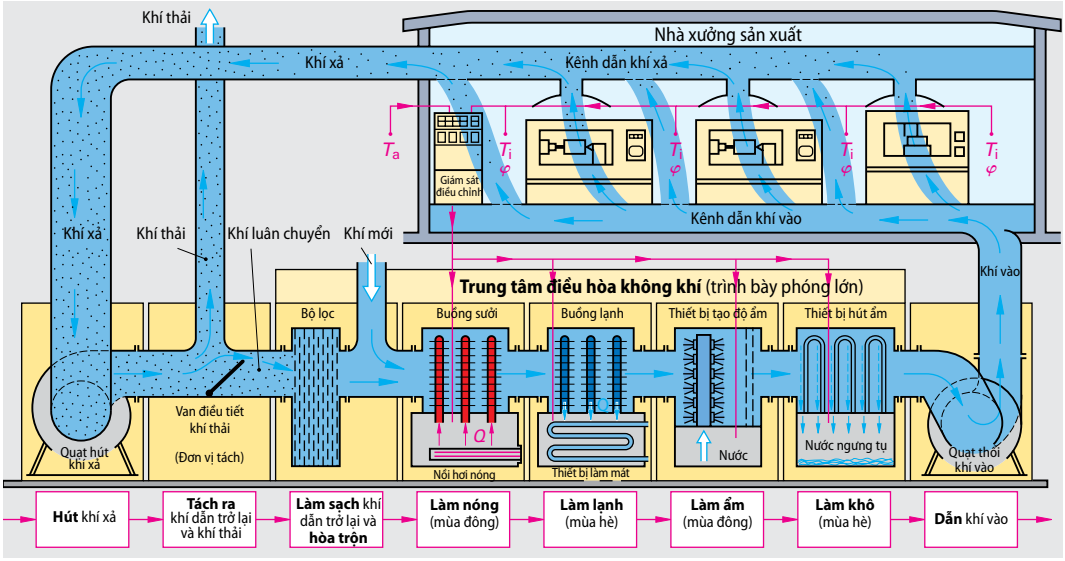
Những thiết bị an toàn cho người và ô tô được lắp ráp trên rất nhiều chỗ của ô tô. Những đơn vị đỡ và mang chịu toàn bộ chiếc xe cũng như mỗi một bộ phận riêng lẻ.



Hình 2: **Các đơn vị chức năng của một ô tô**

5.4.4 Đơn vị chức năng của một hệ thống điều hòa không khí

Nhiệm vụ của một hệ thống điều hòa không khí là tạo ra không khí lành mạnh và thoải mái cho không gian làm việc cũng như cung cấp không khí hô hấp đủ sạch sẽ và giàu oxy. Vào mùa hè, trong nhà xưởng sản xuất với rất nhiều máy công cụ và lò xử lý nhiệt (lò nhiệt luyện) sẽ tạo ra rất nhiều nhiệt không thể loại bỏ chỉ bằng cách thông gió tự nhiên, dẫn đến tình trạng không khí bị nung nóng tới mức không chịu nổi. Do đó cần có hệ thống điều hòa không khí. Trong mùa đông, không khí từ những cơ xưởng với các bể muối xử lý nhiệt hay chỗ làm việc hàn vảy, thêm vào đó là lò sưởi, cần thiết phải được điều chỉnh để trao đổi và hút nhanh các loại khí độc hại cho sức khỏe. Một hệ thống điều hòa không khí bao gồm thực sự một **trung tâm điều hòa không khí**, trong đó việc làm sạch và tạo độ ẩm hoặc làm khô không khí được tiến hành cũng như một hệ thống kênh dẫn gió cho việc nạp và xả khí (**Hình 1**).



Hình 1: Trung tâm điều hòa không khí của một nhà xưởng sản xuất với các đơn vị chức năng

Trung tâm điều hòa không khí gồm có một dãy các cụm bộ phận máy dạng mô đun nằm cạnh nhau, chứa các **đơn vị chức năng** riêng lẻ, được không khí thổi qua kế tiếp nhau.

Quạt hút khí xả từ nhà xưởng sản xuất và đẩy vào trung tâm điều hòa không khí. Với một **van điều tiết khí thải** (đơn vị tách) một phần khí xả được tách và thổi ra ngoài. Không khí tuần hoàn (không khí luân chuyển) được dẫn vào, làm sạch với một **bộ lọc** và được bổ sung với khí mới. Rồi hỗn hợp khí lạnh này được dẫn qua một **nồi hơi nước nóng và sưởi** hoạt động trong mùa đông để nung lên nhiệt độ trong phòng mong muốn. Vào mùa hè, nồi hơi này bị ngưng hoạt động. Thay vào đó, **thiết bị lạnh** được đưa vào hoạt động và làm lạnh nhiệt độ không khí tuần hoàn quá nóng xuống nhiệt độ làm việc thoải mái.

Thiết bị tạo độ ẩm không khí hoạt động trong mùa đông và làm ẩm luồng khí sưởi bị khô. Thiết bị này được ngưng hoạt động vào mùa hè. Vì thế **thiết bị hút ẩm** hoạt động để rút độ ẩm dư ra trong khí tuần hoàn nóng và ẩm trong mùa hè. Trong giai đoạn chuyển tiếp vào mùa thu và mùa xuân, khi cả hệ thống sưởi và làm lạnh đều không cần thiết, trung tâm không khí chỉ hoạt động như là hệ thống thông gió với việc làm sạch không khí. Từ một thiết bị điều chỉnh, trung tâm điều hòa không khí được giám sát, điều chỉnh và điều khiển để đo nhiệt độ bên ngoài (T_a), nhiệt độ trong phòng (T_i) và độ ẩm (φ) trong nhà xưởng sản xuất và điều chỉnh các đơn vị chức năng theo trị số đã cho sẵn (giá trị định mức).

Ôn tập và đào sâu

1 Máy khoan đứng (Hình 1, trang 358) bao gồm những đơn vị chức năng nào?
2 Hãy kể 3 chức năng chính của máy và các bộ phận được sử dụng cho các chức năng đó.
3 Những đơn vị đo lường, điều chỉnh và điều khiển của một máy tiện CNC có những nhiệm vụ nào?
4 Những đơn vị chức năng nào mà một trung tâm điều hòa không khí (Hình 1) và một ô tô chở người (Trang 362) sẽ có?

5.4.5 Thiết bị an toàn ở máy

Thiết bị an toàn ở máy được sử dụng để bảo vệ người lao động (Bảo vệ người), giữ gìn giá trị máy (Bảo vệ máy) và bảo vệ môi trường trước sự hủy hoại và những chất có hại cho sức khỏe (Bảo vệ môi trường).

■ Bảo vệ người

Thiết kế có kỹ thuật an toàn. Máy phải lắp ráp cũng như bao che sao cho không gây ra nguy hiểm. Thí dụ như máy công cụ hiện đại được bao che toàn bộ với cabin bảo vệ để phoi và dung dịch bôi trơn khỏi bị bắn tung tóe ra ngoài, cửa trượt và cửa sổ an toàn (**Hình 1**). Qua đó công nhân tránh khỏi việc bị thương vì các chi tiết máy chuyển động hoặc vì phôi hay phoi cũng như không hít phải hơi sương của chất bôi trơn làm nguội.

Khóa an toàn. Cửa cabin có một công tắc chuyển mạch an toàn. Máy chỉ có thể vận hành khi cửa cabin đóng. Khi cửa bị mở trong chu kỳ làm việc, máy sẽ bị ngừng.

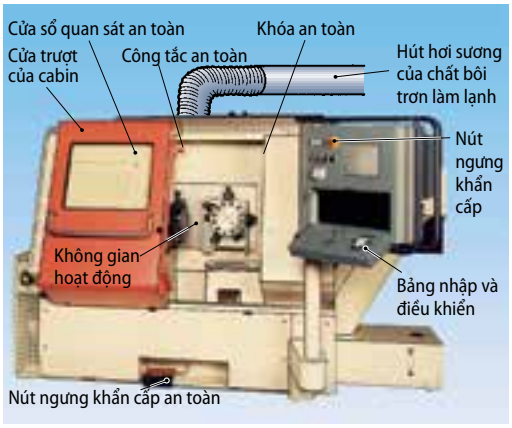
Chế độ cài đặt. Qua việc chuyển đổi ở bảng nhập lệnh sang chế độ cài đặt (chế độ thủ công), công tắc an toàn cho cửa cabin sẽ được đặt vào tình trạng không hoạt động, như vậy có thể cài đặt máy khi cửa cabin mở. Công việc này chỉ được phép thực hiện bởi chuyên gia có kinh nghiệm.

Lưới bảo vệ. Không gian hoạt động của máy ép và tay máy tự động (Thiết bị xử lý thao tác tự động) được lưới bảo vệ rào chắn và không được phép bước qua.

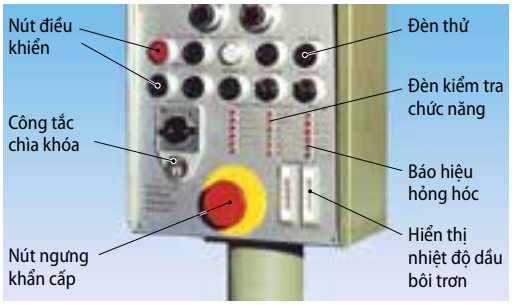
Công tắc và đèn kiểm tra (**Hình 2**). Với một **công tắc chìa khóa**, việc vận hành máy do người không nhiệm vụ sẽ được ngăn chặn.

Nút ngưng khẩn cấp được sử dụng để dừng máy ngay lập tức trong trường hợp khẩn cấp. **Đèn kiểm tra chức năng** sáng lên báo hiệu chức năng của cụm máy vận hành ổn định trong khi **đèn báo hiệu hỏng hóc** sẽ sáng lên khi máy bị trục trặc. Chuyên gia có thể nắm bắt tình trạng của máy qua **một** cái nhìn sơ vào bảng điều khiển.

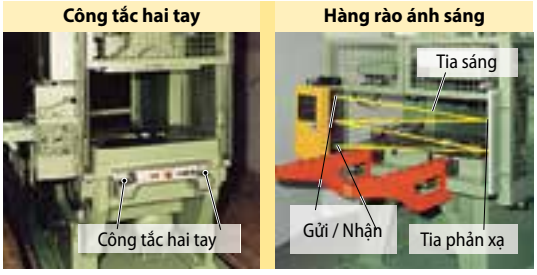
Các thiết bị an toàn được bổ sung thí dụ như ở máy ép (**Hình 3**). **Công tắc hai tay** phải được được sử dụng với 2 tay cùng một lúc, như thế sẽ không có bàn tay nào trong khu vực nguy hiểm. Một **hàng rào ánh sáng** sẽ làm máy ngưng vận hành khi có một bàn tay thò vào trong vùng nguy hiểm.



Hình 1: **Bao che toàn bộ máy tiện CNC**



Hình 2: **Bảng thao tác của hệ điều khiển máy ép**



Hình 3: **Thiết bị an toàn tại máy ép**

Quy định về an toàn

- Trong việc sửa chữa và bảo trì, máy được ngưng vận hành bằng công tắc chìa khóa tại bảng điều khiển và công tắc chính ở tủ điều khiển.
- Thiết bị an toàn không được phép vô hiệu hóa trong khi sản xuất.
- Chỉ có công nhân chuyên ngành điện mới được phép thực hiện những công việc và sửa chữa ở thiết bị điện.
- Rò rỉ trong hệ thống thủy lực phải được loại bỏ ngay lập tức (Nguy hiểm gây cháy, nguy hiểm gây ngã).

■ Bảo vệ máy

Cách **phòng ngừa** chống lại việc những chi tiết máy chạy va vào nhau một cách cưỡng bức qua việc hạn định đoạn đường chuyển động với **công tắc giới hạn** (**Hình 1**). Một cam chuyển mạch tại bộ phận máy di chuyển chạm vào công tắc giới hạn và ngắt chuyển động dẫn tiến. Phải phòng ngừa trên tất cả 3 trục làm việc (X, Y, Z) cũng như các thiết bị phụ trợ.

Để tránh sự **quá tải cơ** đến các chi tiết máy của đơn vị truyền động và năng lượng (Trục máy, Bộ ly hợp, hộp số), người ta đặt xen vào giữa một **bộ ly hợp an toàn** (**Hình 2**). Tuỳ theo loại của bộ ly hợp, khi tải vượt qua trị số định trước, bộ ly hợp an toàn này sẽ quay trượt qua hay tắt máy.

Trong máy công cụ cắt gọt, các thanh dẫn hướng đặc biệt bị nguy hại bởi phoi, do đó nó được bảo vệ bằng **hộp xếp bao che** hay **bộ phận gạt phoi**.

Để giám sát **hệ thống bôi trơn,** người ta dùng bộ phận điện tử hiển thị hỏng hóc trên bảng thao tác của hệ điều khiển hay bộ phận giám sát áp suất chất bôi trơn.

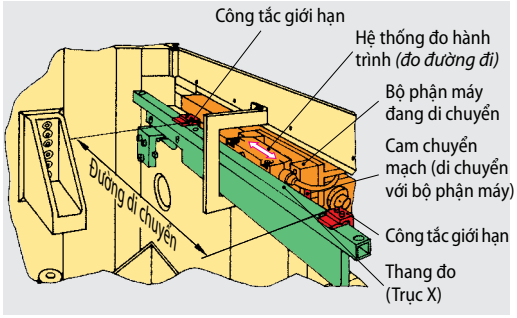
> Việc **an toàn vận hành** của máy trước nhất được bảo đảm qua chức năng hoàn hảo của hệ thống bôi trơn.

Bảo vệ trước va chạm. Để tránh va chạm giữa dụng cụ cắt gọt với mâm kẹp hoặc ụ chống tâm, nhiều bộ phận điều khiển của máy công cụ được trang bị với một thiết bị điện tử bảo vệ va chạm qua việc giới hạn không gian làm việc. Để làm việc này một vùng bảo vệ bao gồm mâm cặp và ụ chống tâm được nhập vào chương trình điều khiển (**Hình 3**). Dụng cụ cắt gọt không thể chạy vào vùng bảo vệ này, như thế một sự va chạm hoàn toàn không xảy ra.

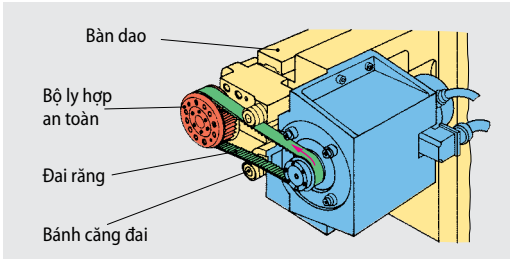
Thiết bị bảo vệ chống quá dòng điện (**Cầu chì điện**). Các linh kiện của cầu chì điện được gắn vào một tủ điều khiển ở mặt sau máy (**Hình 4**). Cầu chì bảo vệ các linh kiện điện tử trước hư hỏng do dòng điện. Cầu chì quá tải và công tắc bảo vệ máy sẽ ngắt dòng điện khi dòng điện quá cao.

■ Bảo vệ môi trường

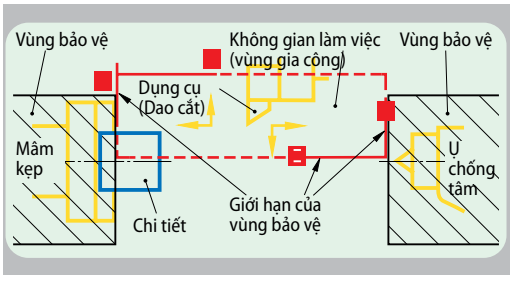
Từ máy, không một chất gây ô nhiễm nào được phép thoát ra ngoài môi trường. Vì mục đích này, máy công cụ được bao kín toàn bộ (Hình 1, trang 364).



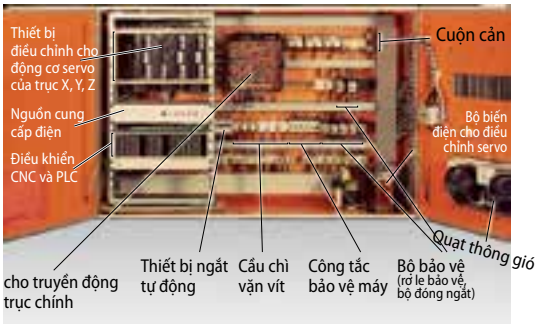
Hình 1: **Công tắc giới hạn trên đường di chuyển ở trục X**



Hình 2: **Bộ ly hợp an toàn**



Hình 3: **Hình giám sát trong việc định vùng bảo vệ**



Hình 4: **Tủ chuyển mạch của một máy công cụ**

Ôn tập và đào sâu

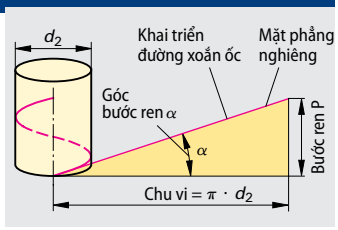
1 Hãy nói về 3 loại công tắc an toàn và mô tả cách hoạt động của nó.
2 Công tắc giới hạn có nhiệm vụ gì?
3 Việc bảo đảm an toàn cho vùng bảo vệ được hoạt động như thế nào?

5.5 Đơn vị chức năng kết nối

5.5.1 Ren

Đường xoắn ốc (đường ren) được hình thành khi một điểm di chuyển song song với trục xi lanh và điểm này nằm trên bề mặt xi lanh quay tròn. Khoảng cách di chuyển của điểm sau mỗi vòng quay của xi lanh tương đương với **bước ren P**.

Triển khai đường xoắn ốc cho ra một mặt phẳng nghiêng (**Hình 1**). **Góc xoắn** α (góc bước ren α) của ren là góc nằm trong đường chu vi và đường xoắn ốc được triển khai.

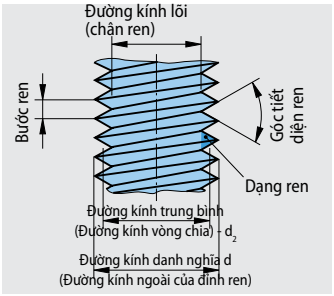


Hình 1: Đường ren xoắn ốc

■ Ký hiệu ren

Các ký hiệu quan trọng của ren (Hình 2)

- Đường kính danh nghĩa (đỉnh ren)
- Góc áp ren
- Dạng ren (Tiết diện ren)
- Đường kính lõi (chân ren)
- Đường kính trung bình
- Bước ren



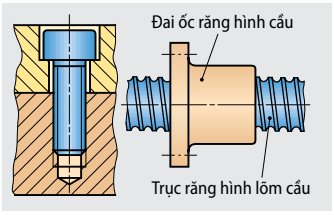
Hình 2: Ký hiệu ở ren

■ Các loại ren

Ren dùng trong công nghiệp có thể chia theo mục đích sử dụng, dạng ren, chiều ren quay và số dây ren.

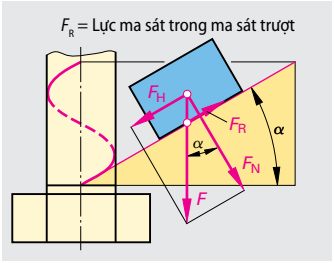
Phân loại theo mục đích sử dụng

Với **ren ghép chặt** bulông và đai ốc sẽ siết chặt các bộ phận chắc với nhau (**Hình 3** - trái). Để ngăn mối ghép không tự tháo lỏng, ren nhọn một dây được sử dụng cho ren ghép chặt. Do bước ren nhỏ và góc prôfin ren (góc tiết diện) lớn cho ta một lực ma sát lớn.



Hình 3: Ren ghép chặt và ren di chuyển

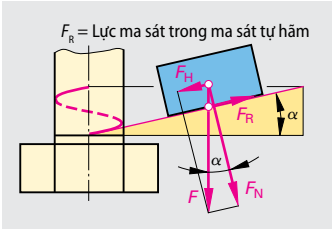
Các thành phần thẳng góc hoặc song song với mặt phẳng nghiêng của lực F là lực thẳng góc F_N hoặc lực bám F_H (**Hình 4** và **Hình 5**). Đối với các góc xoắn nhỏ cho ta một lực bám nhỏ, nhưng một lực thẳng góc lớn, cho ta một lực ma sát lớn F_R. Vì thế ren ghép chặt luôn luôn tự hãm.



Hình 4: Ren không tự hãm

Với ren di chuyển chuyển động quay được chuyển thành thẳng (**Hình 3** - phải). Ren di chuyển có tính tự hãm hoặc không tự hãm. Ren di chuyển tự hãm dừng lại dưới tải vận hành, thí dụ như ren hình thang trong ê tô và trục bước dẫn tiến của các máy công cụ.

Vì bước ren lớn và góc prôfin ren nhỏ, nhưng trước hết là qua việc giảm ma sát nên sự tự hãm bị loại bỏ (ren cầu, trang 431). Những trục vít như thế khi dừng cần định vị trí (Điều chỉnh vị trí cho các máy NC, trang 524). Do sự chênh lệch nhỏ giữa lực ma sát hãm và lực ma sát trượt nên không xảy ra việc trượt bị giật, xóc (Trang 384). Qua đó có thể định vị chính xác của bàn trượt dụng cụ.



Hình 5: Ren tự hãm

Thí dụ: Một ren hình thang Tr20x4 ($\alpha = 4{,}05^0$) chịu lực dọc trục $F = 8$ kN. Các hệ số ma sát trượt là $\mu = 0{,}1$, các ma sát hãm $\mu = 0{,}12$. Bằng cách tính toán cần khảo sát xem ren này có tự hãm không.

Giải đáp: $F_H = F \cdot \sin\alpha = 8000\ \text{N} \cdot 0{,}0706 =$ **565 N**

$F_N = F \cdot \cos\alpha = 8000\ \text{N} \cdot 0{,}9975 =$ **7980 N**

$F_R = \mu \cdot F_N = 0{,}1 \cdot 7980\ \text{N} =$ **798 N**;

$F_{R=} \mu \cdot F_N = 0{,}12 \cdot 7980\ \text{N} =$ **958 N**

Ren này tự hãm, bởi vì lực bám F_H nhỏ hơn so với lực ma sát được tính toán F_R.

Phân loại theo dạng ren

Ren nhọn. **Ren hệ mét theo tiêu chuẩn ISO** có góc tiết diện 60^0 (**Hình 1**). Ren hệ mét được chia ra ren thường và ren nhuyễn. **Ren thường** có bước ren được phân bố theo đường kính danh nghĩa. Trong phần đặt tên ren chỉ có kí tự M và đường kính danh nghĩa được nêu ra, thí dụ: **M16**.

Ren nhuyễn có bước ren nhỏ hơn ren thường khi có cùng đường kính danh nghĩa. Vì vậy, ren loại này tự hãm và không cần khóa an toàn cho bulông. Đường kính danh nghĩa và bước ren được nêu ra trong phần đặt tên ren, thí dụ: **M16 x 1,5**.

Ren Whitworth có một góc tiết diện 55^0 (**Hình 2**); các kích thước cho ren được sử dụng là inch.

Ren hình thang. Đối với các ren hình thang, góc tiết diện 30^0 (**Hình 3**). Chúng thường được sử dụng là ren chuyển động, chẳng hạn như máy ép trục vít. Trong phần đặt tên ren có ký hiệu ngắn Tr, đường kính danh nghĩa và bước ren được nêu ra, thí dụ: **Tr 24 x 6**.

Ren hình răng cưa. Ren hình răng cưa có góc tiết diện 33^0 (**Hình 4**). Bởi vì các dạng ren không đối xứng nên chịu tải lớn theo một chiều. Chúng thường được sử dụng làm ren chuyển động, chẳng hạn như kẹp rút trên máy tiện và máy phay. Trong phần đặt tên ren có ký tự S, đường kính danh nghĩa và bước ren được nêu ra, thí dụ: **S 24 x 5**.

Phân loại theo dạng ren ta có ren nhọn, ren hình thang và ren hình răng cưa.

Phân loại ren theo chiều quay

Ren trái được vặn ngược chiều kim đồng và chỉ được sử dụng khi ren phải tự tháo ra, chẳng hạn như ghép chặt các đĩa mài, hoặc nếu một hướng di chuyển nhất định ở một hướng quay cho sẵn, thí dụ như trục dao chạy ngang của một máy tiện.

Ren trái được nhận dạng qua việc bổ sung các chữ cái "**LH**" (tay trái) vào ký hiệu, chẳng hạn như **M16-LH**.

Phân loại theo chiều ren quay ta có ren phải và ren trái.

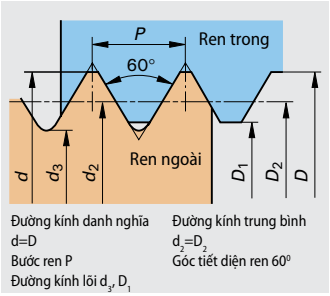
Phân loại theo số dây ren

Ren nhiều dây được sử dụng, khi tại một vòng quay chuyển động tịnh tiến lớn được yêu cầu, chẳng hạn như trong trục vít ép (**Hình 5**). Trong việc đặt tên ren nhiều dây, theo sau đường kính danh nghĩa và bước ren là bước chia ren P, thí dụ **Tr 32 x 18 P6** (18: 6 = 3 dây ren hình thang có đường kính danh nghĩa 32mm, bước ren 18mm và bước chia ren 6mm).

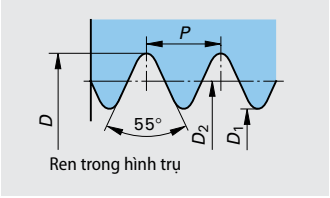
Phân chia theo số dây ta có ren một dây và ren nhiều dây.

Ôn tập và đào sâu

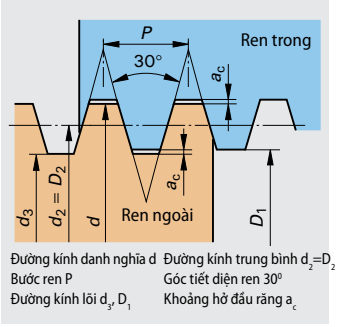
1. Kích thước nào là kích thước quan trọng nhất của ren?
2. Ren được chia như thế nào theo mục đích sử dụng?
3. Ren ghép chặt có nhiệm vụ gì?



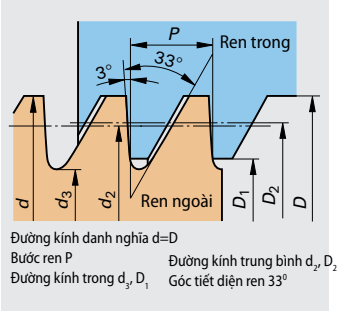
Hình 1: **Ren hệ mét theo tiêu chuẩn ISO**



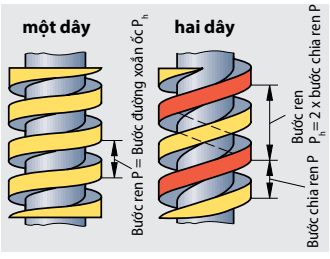
Hình 2: **Ren Whitworth**



Hình 3: **Ren hình thang**



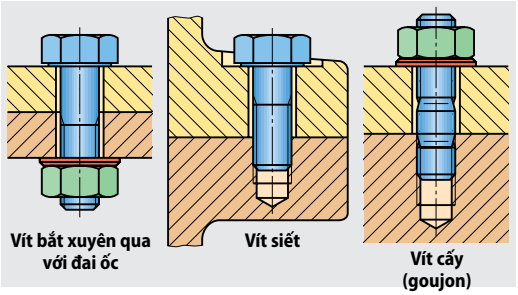
Hình 4: **Ren hình răng cưa**



Hình 5: **Ren một dây và hai dây**

5.5.2 Kết nối bulông

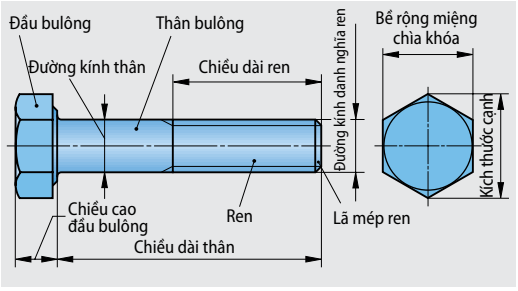
Kết nối bulông có thể thực hiện với **vít bắt xuyên qua với tán** (**đai ốc**)**, vít siết và vít cấy** (**goujon**) (**Hình 1**). Trong kết nối vít bắt xuyên qua với tán (đai ốc)**,** những phần được ghép với nhau bị ép khi siết chặt đai ốc. Với kết nối bằng vít, các chi tiết máy được ghép với nhau nhờ có ren trong. Trong kết nối bằng vít cấy, đầu bulông được thay thế bằng đai ốc.



Hình 1: **Kết nối bulông**

■ Bulông

Bulông không được chịu tải cắt (trừ vít định vị) cũng như uốn. Để tránh bị tải uốn, thí dụ như tại các bề mặt tiếp xúc của chi tiết đúc, các bề mặt áp (tì) với các đầu bulông được lã phẳng (**Hình 1** - giữa). Các bulông được phân biệt qua hình dạng đầu, kích thước thân, kích thước ren và các chi tiết khác (**Hình 2** và **3** và **Hình 1, trang 369**).



Hình 2: **Các ký hiệu của bulông sáu cạnh**

Phân loại theo hình dạng đầu

Bulông đầu lục giác (**sáu cạnh**) cung cấp một cơ chế dẫn tốt cho các dụng cụ siết hoặc mở ren. Ở một số kiểu như ren thường hay ren nhuyễn thì ren được tiện đến đầu bulông. Đầu này thường có một gờ đĩa tì.

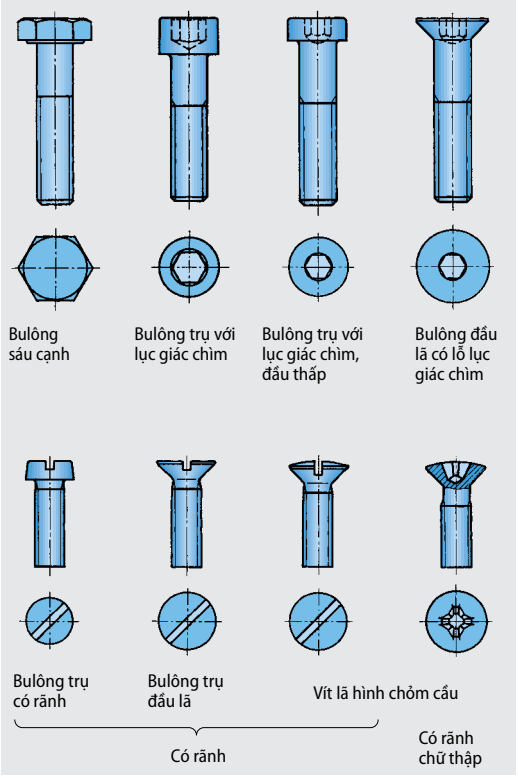
Bulông trụ với lục giác chìm được sử dụng khi khoảng cách giữa các bulông nhỏ hoặc đầu bulông không được nhô ra từ các chi tiết. Bulông lục giác chìm được sản xuất dưới dạng bulông đầu cao (h = d), đầu thấp và dạng có độ bền cao có hoặc không có phần dẫn chìa khóa.

> Bulông đầu sáu cạnh và bulông trụ với lục giác chìm được sử dụng nhiều nhất trong chế tạo máy.

Bulông lã với đầu lục giác chìm có chiều cao đầu thấp hơn so với bulông có lỗ lục giác bên trong. Chúng được sử dụng phần lớn khi các chi tiết với thành dầy thấp được gắn chặt với những tấm mỏng. Vì đầu dạng hình nón của nó nên định tâm với chi tiết.

Vít rãnh được siết chặt với một tuốc nơ vít. Vì thế chúng được cung cấp với một kích thước ren tương đối nhỏ. Các lực kẹp đạt được ít hơn nhiều, thí dụ như so với vít lục giác.

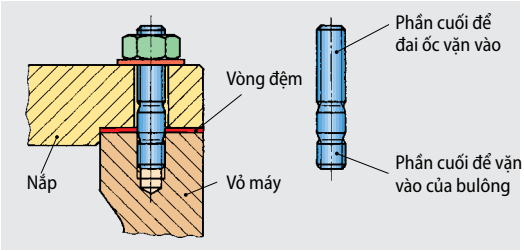
Vít có rãnh chữ thập có thể siết chặt hơn vít rãnh do bề mặt mang theo sâu và rộng hơn và tự định tâm qua vặn vít.



Hình 3: **Các hình dạng đầu bulông**

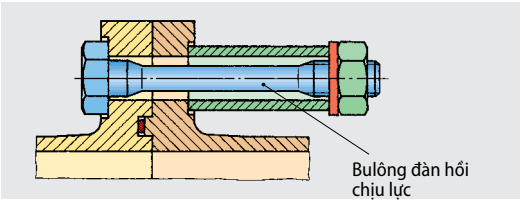
Phân loại theo dạng thân

Với **vít cấy** (goujon) ren trong của cấu kiện được giữ gìn, thí dụ như tua bin, thân máy, bợ trục (**Hình 1**). Người ta ngăn chặn việc quay theo khi siết chặt hay nới lỏng đai ốc bằng cách vặn vít cấy vào thật mạnh hoặc khóa với chất keo dán. Vít cấy được sử dụng thay cho bulông có đầu khi kết nối phải được tháo ra thường xuyên.



Hình 1: **Vít cấy**

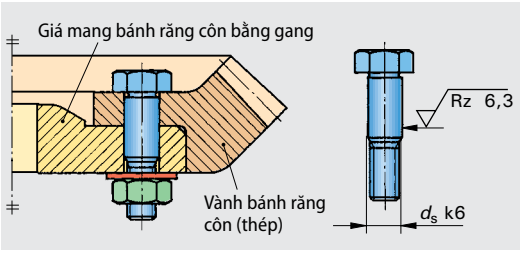
Đối với **bulông đàn hồi chịu lực**, chẳng hạn như thanh truyền và kết nối mặt bích ở áp suất cao, thân bulông mỏng dài khi siết chặt bị kéo dài đàn hồi (**Hình 2**). Do đó bulông chịu lực không cần phải hãm ren. Đường kính thân lớn khoảng 90% đường kính lõi vít. Nếu muốn bulông chịu lực đáp ứng nhiệm vụ của nó đúng cách, thì lực siết ban đầu phải cao (Trang 375).



Hình 2: **Bulông đàn hồi chịu lực**

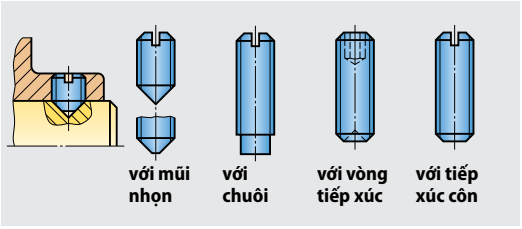
> Bulông đàn hồi chịu lực được sử dụng khi chịu tải động và ở chiều dài thân lớn.

Bulông định vị chính xác được sử dụng khi kết nối bulông phải chịu lực ngang hoặc vị trí của các chi tiết với nhau được bảo đảm (**Hình 3**). Kết nối bằng bulông định vị rất tốn kém vì thân bulông được mài và các lỗ được doa.



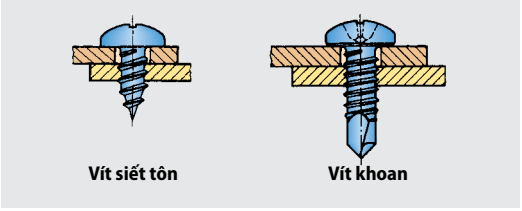
Hình 3: **Bulông định vị chính xác**

Chốt ren được sử dụng chủ yếu để bảo đảm vị trí của các chi tiết với các đùm trên trục quay và trục. Phần cuối của nó thường được tôi cứng và có hình dạng khác nhau tùy theo cách siết chặt trên trục (**Hình 4**).



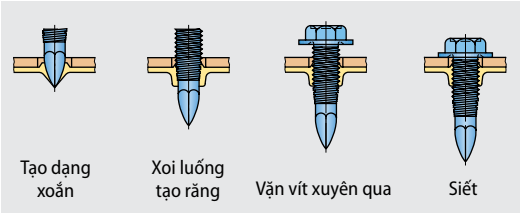
Hình 4: **Chốt ren**

Vít siết thép lá (**tôn**) được tôi cứng và có ren cạnh bén với bước ren lớn (**Hình 5**). Chúng được sử dụng để ghép các tấm kim loại có độ dày đến 2,5mm. Khi siết vào, chúng tự tạo ra ren đai ốc.



Hình 5: **Vít siết tôn và vít khoan**

Vít khoan chảy đòi hỏi vòng quay cao khi siết vào. Bằng cách ép lên vít, nhiệt ma sát được sinh ra giữa mũi vít hình côn và tấm: Vật liệu tấm bắt đầu chảy. Qua đó xuất hiện lỗ bít, vít tạo thành ren đai ốc trong lỗ này (**Hình 6**). Khi nguội ren trong co lại với vít được vặn vào. Vì vậy thường không cần thiết bổ sung thêm khóa cho vít.

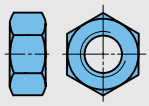
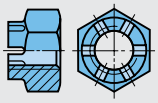
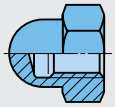
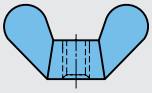
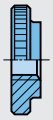
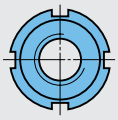
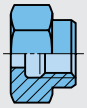


Hình 6: **Vít khoan chảy**

■ Đai ốc

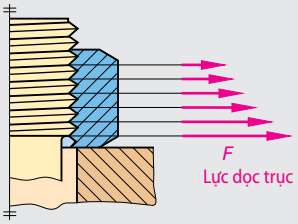
Đai ốc được sản xuất tùy theo mục đích sử dụng dưới nhiều dạng khác nhau (**Bảng 1**).

Bảng 1: Đai ốc

Hình dạng	Ký hiệu / Sử dụng	Hình dạng	Ký hiệu / Sử dụng
	**Đai ốc sáu cạnh** Trong kết nối với bulông sáu cạnh, vít rãnh và vít cấy		**Đai ốc có lỗ cài chốt** Khi kết nối bulông cần được khóa với chốt pi (gu pi)
	**Ốc có mũ** Ngăn ngừa hư hại và ăn mòn phần cuối ren; Bảo vệ khỏi bị thương do cạnh bén của phần cuối ren.		**Ốc chuồn** Khi kết nối bulông thường xuyên phải tháo ra. Thí dụ trong gá lắp.
	**Đai ốc có khía** Khi kết nối bulông thường phải tháo ra bằng tay, thí dụ như trong gá lắp.		**Đai ốc xẻ rãnh** Để chỉnh và điều chỉnh thêm độ hở dọc trục và giữ chặt ổ lăn trên trục máy.
	**Đai ốc nối** Cho khớp ren nối ống		**Ốc câu máy** Làm vòng móc để vận chuyển máy

Đai ốc sáu cạnh thường được sử dụng trong kết nối với bulông đầu lục giác.

Các lực kéo tác động được truyền qua các đầu bulông và đai ốc trên các chi tiết máy. Khi siết chặt kết nối bulông bị kéo ra, ngược lại đai ốc bị ép lại theo hướng dọc trục. Điều này tạo ra sự khác biệt bước ren giữa bulông và đai ốc, làm ảnh hưởng bước ren đầu tiên chịu tác động mạnh nhất. Tác động lên các bước ren sau đó giảm dần đi (**Hình 1**).



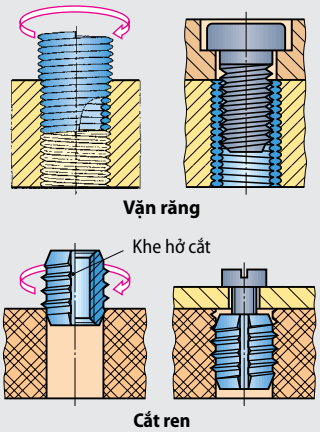
Hình 1: Lực phân phối trên dây ren

■ Ren ghép

Với vật liệu có độ bền cắt nhỏ, thí dụ như kim loại nhẹ, nhựa và gỗ, khi chịu tải trọng lớn ren trong bị đứt ra.

Ren chịu tải cao được làm bằng **ren ghép từ dây đã định dạng** với vật liệu kim loại, chẳng hạn như nhôm và hợp kim Al-Mg, (**Hình 2**). Những đuối ren này cũng được sử dụng để sửa chữa cho chi tiết có ren bị hư hoặc bulông thường được vặn vào ren, chẳng hạn như đế ô kẹp của hệ thống gá linh hoạt. Vì ren ghép bằng hợp kim thép cho phép siết với lực ban đầu lớn, người ta có thể sử dụng bulông với độ bền cao có đường kính nhỏ hơn. Qua đó có thể tiết kiệm trọng lượng.

Ren ghép tự cắt bằng Cu-Zn hợp kim có ren ngoài và tự cắt hoặc ép ren (Hình 2). Loại này thích hợp cho vật liệu nhựa và gỗ.



Hình 2: Ren ghép

■ Cấp độ bền cho bulông và đai ốc

Đối với bulông, cấp độ bền được xác định qua hai số, thí dụ 10.9 (mười chấm chín) (**Bảng 1** và **Hình 1**). Thí dụ: **Bulông đầu lục giác ISO 4017 - M12 x 50-10.9**.

Đối với cách tính độ bền kéo tối thiểu R_m thì lấy số đầu tiên nhân 100. Các giới hạn đàn hồi tối thiểu R_e cũng như giới hạn độ giãn $R_{p0,2}$ được xác định bằng cách nhân số đầu tiên với 10 lần giá trị của số thứ hai. Vì nguy cơ của sự kéo dài còn lại ở bulông không được vượt quá độ bền tối thiểu R_e cũng như giới hạn kéo dãn 0,2 $R_{p0,2}$. Vì lý do an toàn nên ứng suất cho phép nằm thấp hơn. Điều này được lưu ý với hệ số an toàn v.

Bảng 1: **Bảng sắp đặt cấp độ bền của bulông đối với vật liệu của chi tiết ghép vào**

Bulông			Kết nối	
Cấp độ bền	Độ bền kéo R_m	Độ kéo dài giới hạn cong R_e cũng như Giới hạn kéo giãn $R_{p0,2}$	Ứng suất của kết nối	Vật liệu của những bộ phận ghép vào
	bằng N/mm²			
6.8	**600**	**480**	thấp	Tất cả thép kết cấu
8.8	**800**	**640**	trung bình	
10.9	**1000**	**900**	cao	Thép kết cấu từ S355
12.9	**1200**	**1080**	rất cao	Thép nhiệt luyện (hóa tốt)

Ứng suất cho phép

$$\sigma_{z\,zul} = \frac{R_e}{v}$$

Tiết diện bị nguy cơ do chịu áp lực kéo gọi là **tiết diện ứng suất A_s**. Nó được tính toán hoặc lấy từ các bảng (**Bảng 2**). Ứng suất kéo σ_z xảy ra trong bulông được tính bằng cách chia lực kéo F cho tiết diện ứng suất A_s:

Ứng suất kéo

$$\sigma_z = \frac{F}{A_S}$$

Thí dụ: Một mặt bích mù sẽ được gắn kín vào với $n = 6$ bulông với độ bền 10.9. Tổng số lực nhận vào $F_{ges} = 288$ kN, hệ số an toàn v = 1,5. Bulông nào nên được sử dụng?

Lời giải:

$$\sigma_{z\,zul} = \frac{R_e}{v} = \frac{900\ \text{N/mm}^2}{1{,}5} = 600\ \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{z\,zul} = \frac{F}{A_S};\quad F = \frac{F_{ges}}{n} = \frac{288\,000\ \text{N}}{6} = 48\,000\ \text{N}$$

$$A_S = \frac{F}{\sigma_{z\,zul}} = \frac{48\,000\ \text{N}}{600\ \text{N/mm}^2} = 80\ \text{mm}^2,$$

Chọn: M 12 ($A_S = 84{,}3\ \text{mm}^2$)

Với cấp độ bền của bulông tăng thì các bộ phận kết nối vào phải có độ bền kéo tối thiểu cao hơn (Bảng 1) do lực ép bề mặt sẽ lớn lên. Bulông được vặn vào lỗ ren cụt, cần độ sâu vặn vào lớn hơn với độ bền gia tăng của bulông và ren nhỏ, nếu không nó bị kéo dứt ra.

Các loại đai ốc. Các loại đai ốc có độ bền được quy định bằng một số, thí dụ: 10.

Thí dụ: **Đai ốc sáu cạnh ISO 4032 - M16 - 10**

Bằng cách nhân số này với 100 người ta có được độ bền kéo tối thiểu R_m. Một đai ốc được ghép nối với một bulông, ít nhất phải có độ bền bằng với độ bền của bulông kết nối (**Bảng 3**). Đai ốc có cấp độ bền từ 8 trở đi thì phải được đánh dấu (**Hình 2**).

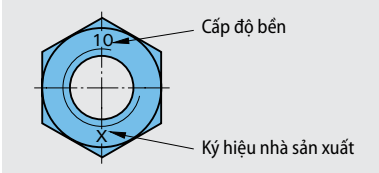
Hình 1: Ký hiệu cấp độ bền của bulông

Bảng 2: **Thiết diện ứng suất**

Ký hiệu ren d	Bước ren (mm) P	Tiết diện ứng suất A_s (mm²)
M8	1,25	36,6
M10	1,5	58,0
M12	1,75	84,3
M16	2	157

Bảng 3: **Cấp độ bền của đai ốc**

Cấp độ bền	
Đai ốc	Bulông thích hợp
6	6,8
8	8,8
10	10,9
12	12,9



Hình 2: **Cấp độ bền của đai ốc**

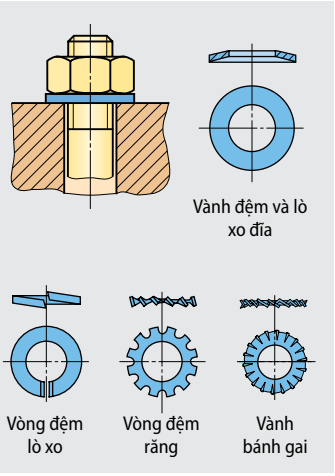
■ Đệm hãm ốc (Đệm bulông, long đền)

Nhờ siết chặt có kiểm soát trong bulông tạo ra một lực siết ban đầu F_V bảo đảm kết nối bulông được an toàn, thí dụ: khi sử dụng bulông dài mà cần phải bổ sung đệm hãm ốc.

Đệm hãm. Lực siết ban đầu có thể bị rão đi qua việc giãn nở của vật liệu, thí dụ: biến dạng dẻo của vít và làm phẳng bề mặt. Làm phẳng là san bằng độ nhám bề mặt phía trong ren và dưới đầu bulông.

> Hãm bằng vành đệm cân bằng tổng số giãn nở và làm phẳng độ nhám bề mặt cũng như ngăn ngừa không cho phép lực siết ban đầu bị giảm đi.

Vành đệm và **lò xo đĩa** được liệt kê vào loại hãm bằng vành đệm, hình dạng giống nhau, chỉ khác nhau qua kích thước (**Hình 1**). Các bộ phận đàn hồi khác, chẳng hạn như **vòng đệm lò xo** (**đệm chẻ**), **vòng đệm răng và đĩa vành bánh gai** sẽ không có tác dụng nữa khi độ bền bulông lớn hơn 8,8 vì chúng không còn đàn hồi khi chịu ứng lực lớn.

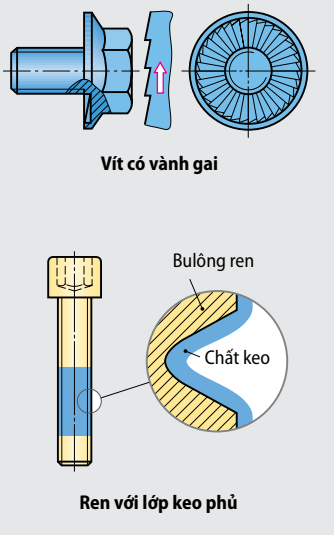


Hình 1: **Đệm bulông**

Khóa chống xoay. Với kết nối bulông chịu tải động mạnh mẽ theo hướng trục, thì chuyển động trượt có thể xảy ra, thí dụ, giữa những mặt ren của bulông và đai ốc, chuyển động này gây ra biến dạng của kết nối bulông. Điều này có thể làm các kết nối bulông bị long ra và xoay.

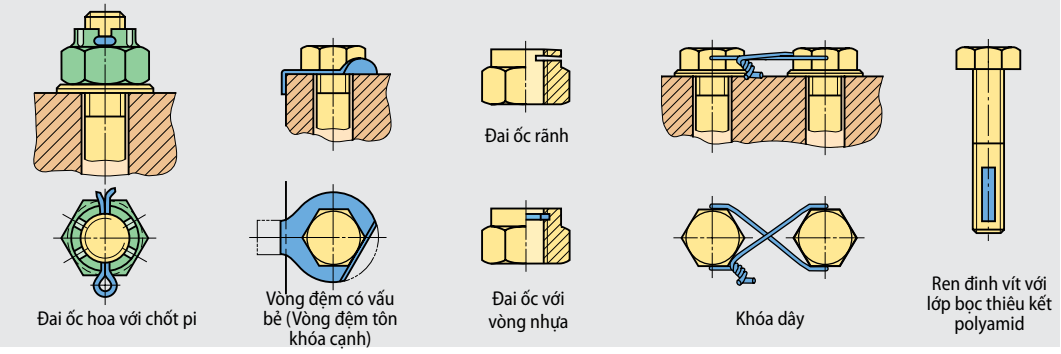
> Khóa chống xoay ngăn ngừa việc long ra và xoay của kết nối bulông.

Vít có vành gai, **đai ốc có vành gai** và **keo dán** được sử dụng như khóa chống xoay (**Hình 2**). Vít có vành gai và đai ốc có vành gai có răng khóa chạy tròn hướng tâm ép lên chi tiết do siết chặt kết nối và ngăn chặn sự tự động long qua khớp. Tính năng hãm của nó còn tốt cho đến khi độ cứng chi tiết thấp hơn độ cứng của răng.



Hình 2: **Khóa chống xoay**

Chất kết dính nằm phủ trên ren bulông, được đặt trong các con nhộng nhỏ và được bôi mỏng chung quanh với một chất làm cứng. Khi siết vào làm vỡ con nhộng, chất kết dính và chất làm cứng trộn với nhau và cứng lại trong vòng 24 giờ. Chất kết dính cũng có thể được sử dụng cho các bề mặt được tôi cứng.



Hình 3: **Khóa chống long kết nối**

Khóa chống long kết nối: Kết nối bulông có thể rời nhau hoàn toàn sau khi bị nới lỏng, thí dụ như qua những chấn động.

> Khóa chống long kết nối ngăn chặn sự tách rời của các cơ phận được ghép vào nhau.

Khóa chống long kết nối được sử dụng, thí dụ như **đai ốc hoa với chốt pi, vòng đệm tôn khóa cạnh, đai ốc có rãnh, đai ốc với vòng nhựa, dây khóa và vít bọc nhựa** (**Hình 3, trang 372**).

■ Siết kết nối bulông

Để **siết** bulông lục giác **bằng tay**, người ta thường sử dụng chìa khóa miệng, chìa khóa vòng, chìa khóa ống, các đai ốc rãnh với chìa khóa móc (**Hình 1**)**,** bulông trụ lục giác chìm với chìa khóa lục giác, vít rãnh với một tuốc nơ vít (**Hình 2**).

Kết nối bulông được siết với **phương pháp siết bằng mômen xoắn**, thí dụ: bằng cần lực siết với mômen xoắn điều chỉnh được (**Hình 3**).

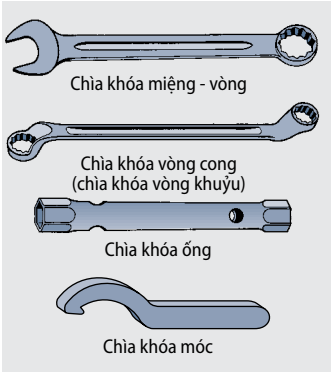
Trong sản xuất hàng loạt, người ta sử dụng **máy siết đai ốc** bằng khí nén hay thủy lực với mômen xoắn định trước hay **máy siết xung động** với lực tác động tiếp tuyến (**Hình 4**). Vì ở tất cả các phương pháp siết chặt, phần lớn mômen xoắn được tạo ra theo yêu cầu để vượt qua những ma sát khác biệt đáng kể giữa các đầu bulông hoặc đai ốc và bề mặt tựa và trong các vòng ren, các lực ban đầu dao động rất mạnh. Để đạt được một lực siết ban đầu thì đường kính của bulông phải bảo đảm được chọn đủ lớn.

> Sự an toàn của kết nối bulông tùy thuộc vào lực siết ban đầu F_v đạt được khi siết ốc.

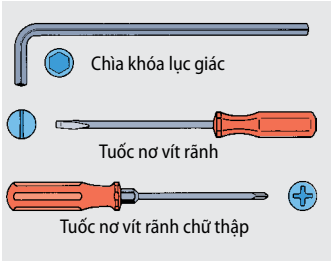
Khi **siết chặt với góc quay được điều khiển** thì đầu tiên các bulông được siết chặt với một mômen xoắn nhỏ. Các lực siết ban đầu đạt được đúng bằng cách siết thêm với một góc đã tính trước. Sự phân tán của lực siết ban đầu với phương pháp siết chặt này tương đối nhỏ.

Ở **siết chặt với giới hạn đàn hồi được điều khiển** vật liệu của bulông chịu áp lực đến giới hạn đàn hồi của nó. Như khi siết chặt với góc quay được điều khiển, vít nhỏ hơn có thể được sử dụng vì sự phân tán của các lực siết ban đầu tương đối nhỏ.

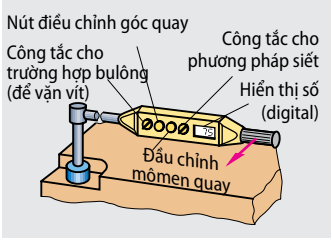
Các biến đổi nhỏ nhất của lực siết ban đầu được thực hiện bằng **kỹ thuật siêu âm**. Qua đó người ta sử dụng vít mà trên đầu của nó được trang bị một cảm biến dày khoảng 40 µm. Cảm biến biến đổi một xung điện áp, thí dụ như của chìa khóa trên đầu vít, thành một xung siêu âm, xung siêu âm này được phản xạ từ đuôi vít và nhận được trở lại bởi cảm biến (**Hình 5**). Thời gian đi qua phụ thuộc vào tải của vít: với sự gia tăng lực siết ban đầu thì vận tốc của sóng siêu âm giảm. Ngoài ra các sóng siêu âm phải truyền qua một khoảng cách lớn hơn vì sự giãn nở của vít. Sự thay đổi của thời gian truyền tỷ lệ thuận với lực siết ban đầu. Khi đạt đến đúng lực siết định trước thì máy bắn ngừng chạy.



Hình 1: Chìa khóa bulông

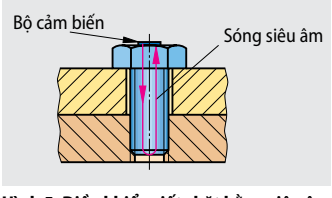


Hình 2: Tuốc nơ vít



Hình 3: Cần lực siết điện tử

Hình 4: Máy bắn bulông (máy siết mở bulông) bằng xung lực



Hình 5: Điều khiển siết chặt bằng siêu âm

■ Truyền lực và tải

Một mômen xoắn M_A tác động khi siết chặt một đai ốc hoặc bulông (**Hình 1**). Qua bước ren (mặt phẳng nghiêng), một lực kéo (Lực siết ban đầu F_V) được hình thành trong các thân bulông. Bulông giãn ra bởi lực siết ban đầu (biến dạng đàn hồi). Lực nén F_S được tạo ra như là phản lực ứng với lực siết ban đầu, lực này ép các thành phần và siết lại với nhau (**Hình 2**). Với một lực siết ban đầu quá lớn, bulông bị biến dạng dẻo và có thể bị phá vỡ.

> Bulông phải được siết đúng với lực siết ban đầu.

Nếu không tính đến ma sát thì lực siết tối đa F_V chỉ phụ thuộc vào kích thước và vật liệu của bulông. Do ma sát trong các mối ren nên bulông không chỉ bị lực kéo mà còn bị áp lực xoắn. Vì chịu áp lực tổng hợp này nên lực siết tối đa ban đầu bị nhỏ đi khi ma sát tăng (**Bảng 1**).

Các lực siết ban đầu F_V được tạo ra bởi mômen xoắn thắt chặt M_A. Trong khi siết chặt bằng tay, mômen xoắn là tích của lực tay F_1 và chiều dài hiệu quả của chìa khóa ℓ (Hình 1). Để đạt được lực siết ban đầu theo yêu cầu, các mômen xoắn phải lớn hơn khi ma sát tăng (Bảng 1).

Mômen xoắn $M_A = F_1 \cdot \ell$

Với nguy cơ mômen xoắn quá lớn làm các bulông bị biến dạng hoặc bị phá hủy, các trị số quy định cao nhất được áp dụng cho mômen xoắn siết chặt có thể lấy được từ các bảng (Bảng 1).

Các trị số cho phép trong bảng sẽ vượt quá, nếu cánh tay đòn bẩy ℓ của chìa khóa được nối dài với một ống.

Thí dụ:

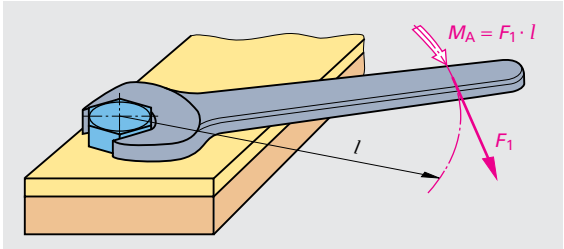
a) Lực siết tay nào cho phép chìa khóa có chiều dài ℓ = 200mm được siết, khi bulông M10 với cấp độ bền 8.8 và có hệ số ma sát μ = 0,12?

b) Mômen siết chặt cho phép sẽ tăng với hệ số là bao nhiêu khi chiều dài tác dụng của chìa khóa miệng được nối với một ống lên đến 500 mm.

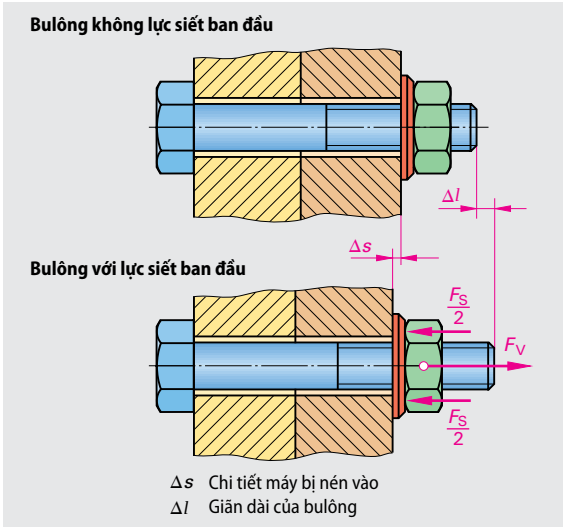
Lời giải:

a) Theo bảng 1, mômen xoắn tối đa
M_A = 46 N . m
$M_A = F_1 . l$; $F_1 = M_A / l$ = 46 N . m/0,2 m = **230 N**

b) M_A = 230 N . 0,5 m = 115 N . m = **2,5** . 46 N . m



Hình 1: Mômen xoắn siết chặt



Hình 2: Tác dụng của lực siết ban đầu

Bảng 1: Lực siết ban đầu và mômen xoắn siết chặt của vít không đầu

Ký hiệu ren		Lực siết ban đầu tối đa F_V bằng kN và Mômen xoắn siết chặt tối đa M_A bằng N.m								
		Cấp độ bền								
		8.8			10.9			12.9		
		Hệ số ma sát μ								
		0,08	0,12	0,14	0,08	0,12	0,14	0,08	0,12	0,14
M8	F_V	18,6	17,2	16,5	27,1	25,2	24,2	31,9	29,5	28,3
	M_A	17,9	23,1	25,3	26,2	34	37,2	30,7	39,6	43,6
M10	F_V	29,5	27,3	26,2	43,3	40,2	38,5	50,7	47	45
	M_A	36	46	51	53	68	75	61	80	88
M12	F_V	43	39,9	38,3	63	58,5	56,2	73,9	68,5	65,8
	M_A	61	80	87	90	117	128	105	137	150
M16	F_V	81	75,3	72,4	119	111	106	140	130	124
	M_A	147	194	214	216	285	314	253	333	367
M20	F_V	131	121	117	186	173	166	218	202	194
	M_A	297	391	430	423	557	615	495	653	720
M24	F_V	188	175	168	268	250	238	313	291	280
	M_A	512	675	743	730	960	1060	855	1125	1240

Lực chu vi F_U được hình thành do mômen xoắn siết chặt M_A, lực này gây ra một lực siết ban đầu lớn F_V (**Hình 1**). Đối với lực bằng tay F_1 được cho thì lực siết ban đầu phụ thuộc vào bước ren P (góc bước răng): Góc bước răng lớn gây ra lực siết ban đầu nhỏ, góc bước răng nhỏ gây ra lực siết ban đầu lớn F_V.

Lực siết ban đầu (không ma-sát)

$$F_V = \frac{M_A \cdot 2 \cdot \pi}{P}$$

Vì sự trượt lên nhau của những mặt ren cũng như của đai ốc hoặc đầu vít trên bề mặt tựa lên gây ra thất thoát vì ma sát. Điều này làm giảm lực siết ban đầu F_V, bởi vì mômen ma-sát của ren và đầu của đai ốc tác động ngược lại mômen xoắn siết chặt M_A (**Hình 2**). Lực giảm sút vì ma sát có thể đến 90% sẽ được lưu ý đến qua hiệu suất η.

Lực siết ban đầu (có ma-sát)

$$F_V = \frac{M_A \cdot 2 \cdot \pi}{P} \cdot \eta$$

Thí dụ: Lực siết ban đầu *Fv* được chọn với độ lớn là bao nhiêu khi một bulông M12 (P = 1,75mm) được siết với mômen quay $M_A = 55$. N ($\eta = 15\%$)

Lời giải: $F_V = \frac{M_A \cdot 2 \cdot \pi}{P} \cdot \eta = \frac{55\,000 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 2 \cdot \pi}{1{,}75 \text{ mm}} \cdot 0{,}11 = 21\,722 \text{ N}$

Mômen xoắn siết chặt khi chịu lực siết ban đầu được tính như sau:

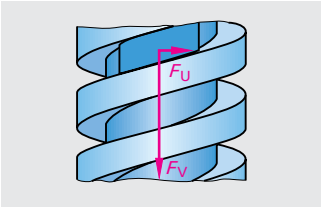
Mômen xoắn siết chặt

$$M_A = \frac{F_V \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot \eta}$$

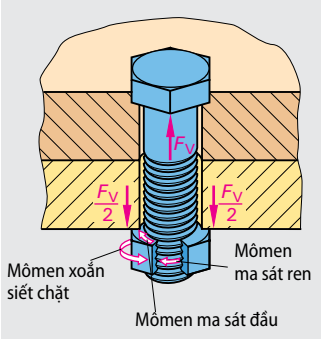
Thí dụ: Mômen siết M_A được chọn với độ lớn là bao nhiêu khi một bulông M16 (P = 2mm) chịu một lực siết ban đầu *Fv* =100 KN với hiệu suất $\eta = 15\%$?

Lời giải: $M_A = \frac{F_V \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot \eta} = \frac{100\,000 \text{ N} \cdot 0{,}002 \text{ m}}{2 \cdot \pi \cdot 0{,}15} = 212 \text{ N} \cdot \text{m}$

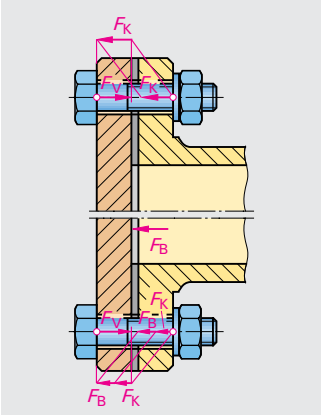
Nếu một kết nối bulông phải chịu thêm một lực vận hành F_B, thân của bulông bị kéo dài ra (**Hình 3**). Như vậy lực kẹp bị giảm đi. Lực kẹp không bao giờ được phép bằng không vì như thế thì các chi tiết sẽ bị long ra.



Hình 1: **Các lực ở bulông**



Hình 2: **Mômen xoắn ở kết nối bulông**



Hình 3: **Kết nối bulông với lực vận hành xuất hiện**

Ôn tập và đào sâu

1. Bulông có thể được phân loại như thế nào theo hình dạng đầu của nó?
2. Điều gì có thể đạt được, khi ren trong bằng hợp kim nhôm có thể truyền các lực lớn?
3. Tại sao ứng suất kéo của bulông không được lớn hơn R_e hoặc $R_{p0,2}$?
4. Độ bền kéo tối thiểu và giới hạn đàn hồi tối thiểu của bulông với độ bền 8.8 là bao nhiêu?
5. Độ bền kéo tối thiểu của đai ốc được sử dụng cùng với một bulông với độ bền 10.9 là bao nhiêu?
6. Sự khác biệt giữa bị nới lỏng và phòng long ren là gì?
7. Tại sao đường kính bulông nhỏ hơn được sử dụng, khi lực siết ban đầu F_v được tận dụng hoàn toàn?
8. Hai tấm được nối kết bằng một bulông trụ M16 với độ bền 12.9. An toàn nào hiện có đối với R_e, khi lực siết ban đầu $F_V = 110$ kN?
9. Mômen siết bulông nào phải được thực hiện, nếu một lực siết ban đầu ở bulông M10 được quy định là 70 kN và hiệu suất $\eta = 0{,}12$?

5.5.3 Kết nối chốt

■ Mục đích sử dụng

Với chốt, người ta làm nên kết nối tháo ra được.

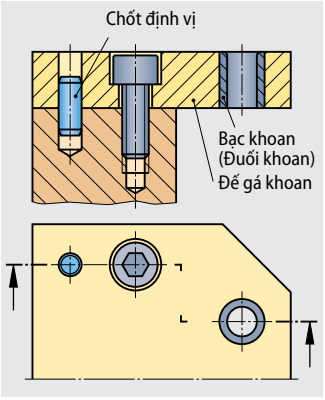
Chốt được sử dụng làm

- Chốt định vị để bảo đảm vị trí các chi tiết (**Hình 1**).
- Chốt gắn chặt cho kết nối lực và/hoặc cho kết nối chắc.
- Chốt cắt để ngăn ngừa thiệt hại cho các chi tiết máy.

■ Các dạng chốt

Phân loại theo dạng

- Chốt trụ
- Chốt côn
- Chốt có khía

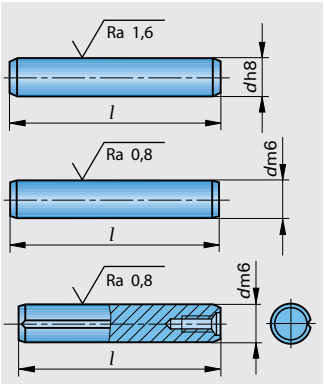


Hình 1: **Chốt định vị**

Chốt trụ chủ yếu được sử dụng như là chốt định vị (**Hình 1**). Chốt trụ không tôi được sản xuất với bậc dung sai h8 và m6, chốt được tôi được sản xuất với bậc dung sai m6 (**Hình 2**). Chốt đã tôi được sử dụng cho các chi tiết chịu áp lực cao. Để tạo điều kiện dễ dàng cho lắp ráp, chốt được vát cạnh.

Để không khí thoát ra khỏi lỗ đáy trong quá trình lắp ráp, chốt trụ với rãnh dọc được sử dụng. Để tháo gỡ những chốt này có lỗ ren trong chốt (**Hình 2**).

Ở các chốt trụ tôi cứng, dữ liệu về đường kính, chiều dài và vật liệu được đưa vào trong ký hiệu. Với chốt không tôi cứng có thêm bậc dung sai trong ký hiệu, chẳng hạn như **chốt trụ ISO 2338 - 6m6 - 30 - St**. Một dung sai hở hoặc trung gian tùy thuộc vào kích thước thật của lỗ và chốt trong quá trình lắp ráp với các lỗ khoan doa (Bậc dung sai H7).

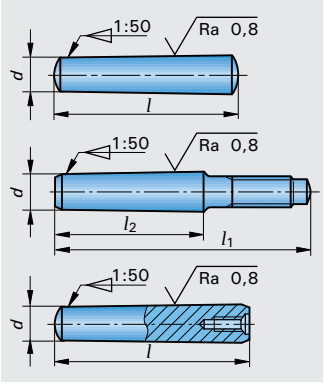


Hình 2: **Chốt trụ**

Thí dụ: 2 tấm có lỗ 6H7 được ghép với một chốt trụ 6m6. Độ hở tối đa và độ dôi tối đa là bao nhiêu?

Lời giải: Đối với các kết nối 6 H7/m6 cho ta từ sách bảng tra cứu:

Kích thước tối đa của lỗ khoan G_{oB} = 6,012mm
Kích thước tối thiểu của lỗ khoan G_{uB} = 6.000mm
Kích thước tối đa trục G_{oW} = 6,012mm
Kích thước tối thiểu trục G_{uW} = 6,004mm
Độ hở tối đa $P_{SH} = G_{oB} - G_{uW}$ = 6,012mm – 6,004mm = **0.008mm**
Độ dôi tối đa $P_{ÜH} = G_{uB} - G_{oW}$ = 6.000mm – 6,012mm = – **0,012mm**



Hình 3: **Chốt côn**

Chốt côn thường được sử dụng như là chốt gắn chặt. Nó có hình nón, độ côn C = 1: 50 (**Hình 3**). Trong ký hiệu thông tin về dạng, đường kính côn nhỏ, chiều dài và vật liệu được đưa vào, thí dụ như **chốt côn tiêu chuẩn ISO 2339 - A - 5 x 40 – St**. Chốt côn lắp căng sẽ đàn hồi khi bị đóng bằng búa đẩy vào trong lỗ khoan. Tuy nhiên các kết nối bằng lực và bằng khớp được hình thành lại không chắc chắn khi bị rung. Để tháo ra từ lỗ cụt, người ta sử dụng các chốt côn với ren bên ngoài hoặc bên trong (Hình 3).

Hình 4: **Chốt có khía**

Chốt có khía được sử dụng cho việc kết nối các chi tiết chịu tải thấp ít khi phải tháo ra (**Hình 4**). Nó có ba khía dọc trên chu vi bị biến dạng đàn hồi do lắp căng vào trong lỗ gắn đã được gia công bằng lưỡi khoan xoắn.

Đối với các kết nối chốt, thường là đủ nếu phần cuối của chốt cắm vào lỗ khoan tiếp nhận của các chi tiết với một đoạn dài tương ứng với đường kính chốt (**Hình 1**).

Với chi tiết dày, các lỗ chốt được khoan rộng ra để giữ gìn dụng cụ doa và tạo điều kiện dễ dàng cho lắp ráp. Đối với việc tháo các chốt có thể làm thêm các lỗ khoan thông (Hình 1).

Đối với các chốt tiếp nhận lực ngang lớn, phải tính biến dạng trượt cho tiết diện có nguy cơ bị cắt đứt (**Hình 2**) và áp lực tối đa trên bề mặt cho các lỗ khoan (**Bảng 1**). Những ứng suất cắt được tính từ lực tác dụng *F* ở phần có nguy cơ chia cho mặt cắt chốt *S*:

Ứng suất cắt $\tau_a = \frac{F}{S}$

Ứng suất cắt cho phép $\tau_{a\,zul}$ dựa trên cơ sở kinh nghiệm trong ngành chế tạo máy và chế tạo thiết bị. Nó phụ thuộc vào trường hợp tải cụ thể (Trang 457). Đối với các chốt không tôi cứng được đề nghị như sau:

Trường hợp tải		
I (tĩnh)	II (ngưỡng)	III (thay đổi)
$\tau_{a\,zul} = 80\ N/mm^2$	$\tau_{a\,zul} = 60\ N/mm^2$	$\tau_{a\,zul} = 40\ N/mm^2$

Áp suất *p* trong các lỗ khoan được tính từ lực *F* chia cho diện tích mặt phẳng chiếu *A*:

Áp suất $p = F/A$

Thí dụ: Một bánh răng được gắn chặt với trục có $d_W = 40mm$ bằng một chốt trụ theo tiêu chuẩn ISO 2338. Mômen xoắn được truyền là $M = 65\ N \cdot m$. Đường kính chốt tối thiểu là bao nhiêu, nếu có tải trọng là ứng suất ngưỡng? Số tiết diện chịu tải $n = 2$.

Giải pháp: Ở tải ngưỡng, ứng suất cắt cho phép $\tau_{a\,zul} = 60\ N/mm^2$ (Bảng ở trên)

$$M = F \cdot \frac{d_W}{2}$$

$$F = \frac{2 \cdot M}{d_W} = \frac{2 \cdot 65000\ N \cdot mm}{40\ mm} = 3250\ N$$

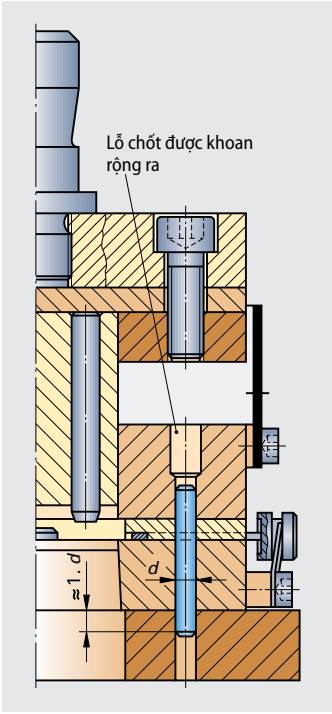
$$S_1 = \frac{F}{\tau_{a\,zul} \cdot n} = \frac{3250\ N}{60\ N/mm^2 \cdot 2} = 27{,}1\ mm^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 27{,}1\ mm^2}{\pi}} = 5{,}9\ mm$$

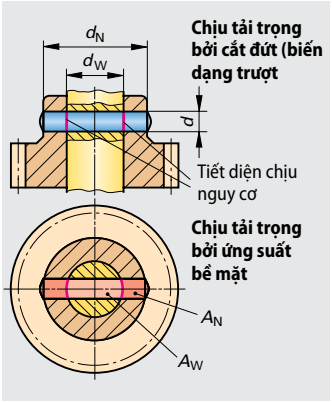
Chọn: $d = 6\ mm$

Ôn tập và đào sâu

1. Vì sao chốt định vị chính xác được sử dụng?
2. Chốt trụ không tôi cứng theo tiêu chuẩn (DIN EN ISO 2338) được làm ra với độ dung sai nào?
3. Tại sao chốt trụ với rãnh dọc lại được sử dụng cho các lỗ cụt?
4. Các lắp ghép của một chốt trụ 8h8 với một lỗ khoan 8H7 cho ra lắp ghép lỏng. Độ hở tối đa và tối thiểu là bao nhiêu?
5. Độ côn của các chốt côn là bao nhiêu?



Hình 1: **Chốt trụ được lắp ráp**



Hình 2: **Chốt có tiết diện chịu nguy cơ gãy trượt**

Bảng 1: Ứng suất bề mặt cho phép trong trường hợp tải ngưỡng (Trị số kinh nghiệm)

Vật liệu	Áp suất p_{zul} bằng N/mm^2
S235	70
E295	75
EN-GJL-150	50
EN AC-AlSi	30
EN AW-AlCu4Mg1	45

5.5.4 Kết nối bằng đinh tán (Ri vê)

■ Nhiệm vụ

Kết nối đinh tán là kết nối không tháo ra được, kết nối này có thể được chia ra làm 3 loại là chắc, chắc và kín cũng như kín.

Kết nối chắc có thể chịu được lực lớn. **Kết nối chắc và kín** phải chịu cùng lúc các lực lớn và làm kín các bộ phận kết nối. **Kết nối kín** phải nối các thành phần lại với nhau và làm kín với nhau.

Trong cơ khí, kết nối đinh tán truyền thống đã gần như hoàn toàn được thay thế bằng hàn (Trang 217). Trong sản xuất ghép tấm kim loại, thí dụ như trong ô tô và khung xe, đinh tán được sử dụng ngày càng nhiều. Ngành công nghiệp máy bay không thể thiếu đinh tán, bởi vì hợp kim Al có thể tôi cứng được sử dụng nhiều, sức bền của nó bị giảm mạnh khi hàn. Vì thế, việc sản xuất một Airbus cần đến 3.500.000 đinh tán là một thí dụ (**Hình 1**).

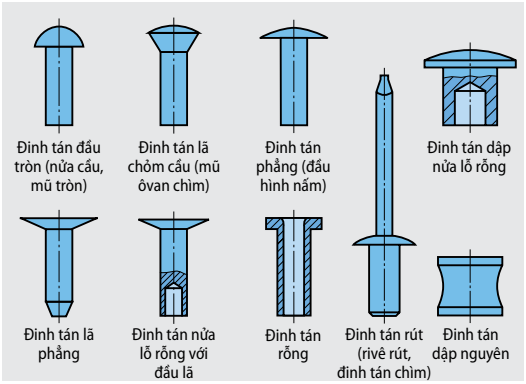
Hình 1: **Máy bay Airbus**

Ưu điểm của tán đối với hàn

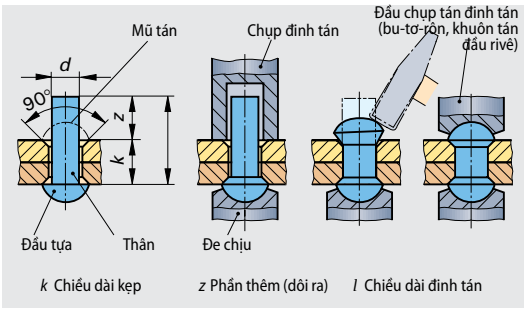
- Không thay đổi cấu trúc và do đó không giảm sức bền và độ giòn ở các tấm kết nối.
- Các nguyên vật liệu khác nhau cũng như bề mặt tinh chế, thí dụ như tấm đánh bóng hoặc phủ lớp có thể được ghép vào.
- Cũng có thể được thực hiện với khả năng tiếp cận một chiều.
- Tiêu thụ năng lượng ít
- Không gây nguy hiểm sức khỏe từ khí và bức xạ ánh sáng.

■ Các loại đinh tán

Đinh tán có thể được phân loại theo dạng đầu, kiểu thân đinh và các phương pháp tán đinh (**Hình 2**).



Hình 2: **Các loại đinh tán**

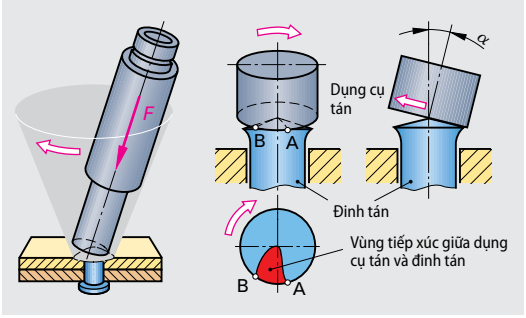


Hình 3: **Tán đinh tán bằng búa**

■ Phương pháp tán đinh

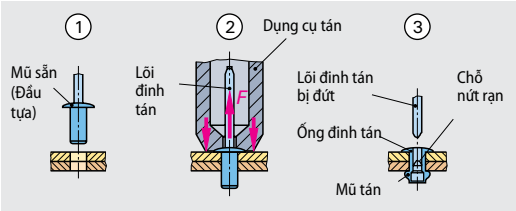
Tán bằng búa. Các đinh tán định dạng sẵn bao gồm đầu đinh tán, thân và đầu tán khóa (**Hình 3**). Các chi tiết đã khoan và lã được ép với chụp đinh tán. Qua cách tán thì lỗ được hoàn toàn điền đầy. Sau đó, phần thân lòi ra từ lỗ đinh được tán thành đầu mũ tán.

Tán xoay vòng. Cách tán xoay vòng thì dụng cụ tán xoay vòng ép theo trục đinh tán làm biến dạng vật liệu thành dạng đầu đinh tán mong muốn (**Hình 4**).



Hình 4: **Tán đinh tán xoay vòng**

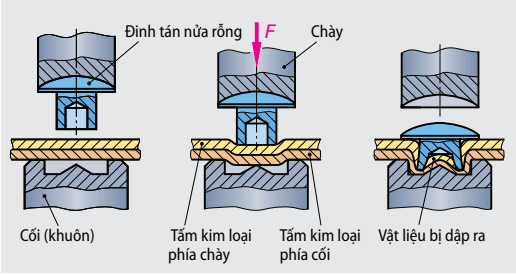
Đinh tán rút (**ri vê rút**). Đinh tán rút được sử dụng khi vị trí đinh tán chỉ có thể tiếp cận được từ một phía. Nó bao gồm một ống đinh tán và lõi đinh tán. Đinh tán này có một chỗ rạn nứt định trước. Với một công cụ tán thì đầu của lõi được kéo vào cuối thân nhô ra của đinh tán rỗng. Do đó làm biến dạng dẻo và hình thành mũ tán. Khi đạt được áp lực lớn như có thể thì lõi đinh tán đứt tại chỗ định trước (**Hình 1**).



Hình 1: **Đinh tán rút**

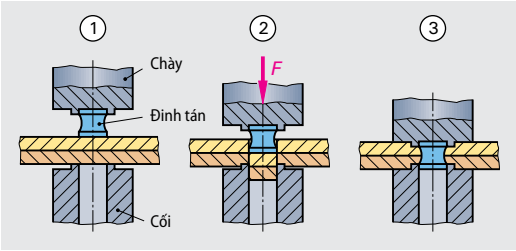
Đinh tán dập. Ở đinh tán dập, đinh tán tự dập vào lỗ tiếp nhận. Người ta phân biệt tán dập với đinh tán nửa lỗ rỗng và đinh tán nguyên khối (đinh tán đặc).

Đinh tán nửa rỗng đầu tiên dập xuyên qua tấm kim loại phía bên chày. Sau đó tự mở rộng và làm biến dạng tấm kim loại phía cối. Các vật liệu bị dồn vào chỗ trống của cối và hình thành mũ tán (**Hình 2**). Phần bị đục ra từ tấm kim loại phía chày làm đẩy thân đinh tán rỗng và được đóng lại ở đó. Vì tấm kim loại phía cối không bị đẩy qua, mối nối rất mạnh và dày đặc.



Hình 2: **Đinh tán dập với đinh tán nửa rỗng**

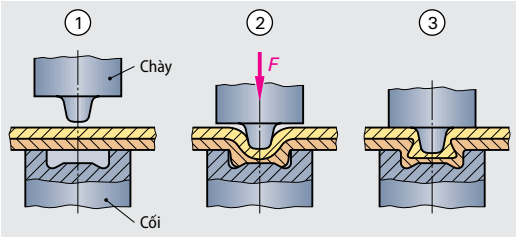
Đinh tán đặc không bị biến dạng trong quá trình ghép nối. Nó cắt rời các tấm kim loại, vật liệu bị đục ra rơi xuyên qua cối. Chày và cối có thêm phần gờ ở mặt trước. Qua đó thì vật liệu của phần nối bị ép vô trong phạm vi bị cắt phía sau của đinh tán gần cuối khoảng chạy của chày (**Hình 3**).



Hình 3: **Đinh tán dập với đinh tán đặc**

■ Phương pháp tương tự như tán đinh

Tán điền đầy. Khi tán điền đầy, các tấm nối với nhau mà không có đinh tán bằng gia công biến dạng nguội. Chày dập các phần kết nối vào cuối khuôn. Khi chày đạt đến đáy khuôn, vật liệu chảy ra theo chiều rộng. Các tấm kết nối dạng phù hợp với nhau (**Hình 4**).



Hình 4: **Tán điền đầy**

■ Vật liệu đinh tán

Vật liệu được sử dụng làm đinh tán là thép, đồng, đồng-kẽm và hợp kim nhôm, trong trường hợp đặc biệt cũng có nhựa và titan. Để ngăn ngừa ăn mòn do điện hóa và nới lỏng của kết nối khi bị nung nóng, các đinh tán nên có cùng vật liệu như các bộ phận được ghép vào.

Đinh tán cần có đủ sức bền và để biến dạng tốt.

Ôn tập và đào sâu

1. Kết nối đinh tán được phân loại theo nhu cầu đặt ra như thế nào?
2. Những ưu điểm nào của kết nối đinh tán đối với kết nối hàn?
3. Trong trường hợp nào sử dụng đinh tán rút?
4. Đinh tán dập đem đến lợi thế gì?
5. Đinh tán được sản xuất từ những vật liệu nào?
6. Tại sao vật liệu của các chi tiết và các đinh tán nên giống nhau?

5.5.5 Kết nối trục - đùm

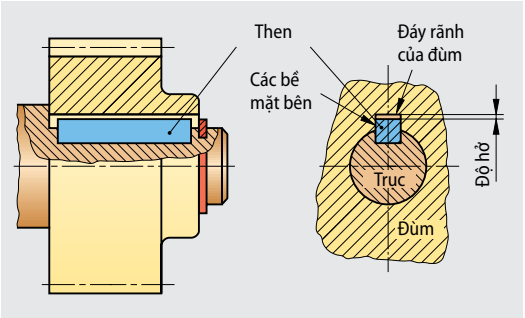
■ Nhiệm vụ và các loại

Các bộ phận máy như bộ ly hợp và bánh xe răng phải được ghép với trục mà mômen xoắn có thể được truyền đi. Các mômen xoắn có thể được truyền đi bằng kết nối dạng khớp, kết nối dạng khớp có tải trước, kết nối dạng lực hay kết nối bằng vật liệu (Trang 206, Bảng 1).

Các kết nối trục - đùm truyền các mômen xoắn.

■ Kết nối dạng khớp (Kết nối chặt)

Kết nối với then bằng trượt là kết nối kéo theo đơn thuần. Các mặt bên song song của then nằm trong các rãnh của trục và đùm (**Hình 1**). Giữa mặt trên của then và mặt dưới của ổ trục là độ hở. Đối với các tải trọng va đập kết nối này không thích hợp, bởi vì then và bề mặt chính và phụ của các rãnh bị biến dạng do đó có thể bị phá hủy. Đối với loại bánh răng phải đẩy trượt trên một trục khi sang số, then sẽ được lắp trượt với rãnh của đùm bằng dung sai tương ứng.



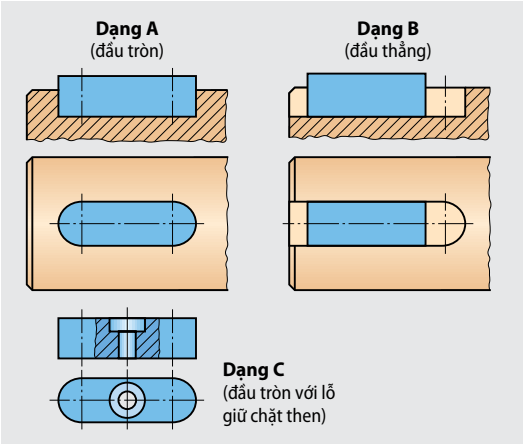
Hình 1: **Kết nối then**

Các dạng then (**Hình 2**):

Dạng A có đầu gọt tròn. Các then này được ráp vào rãnh trục, các rãnh này được gia công với máy phay lỗ dài.

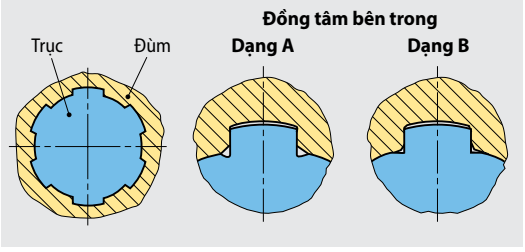
Dạng B có đầu thẳng. Các trục rãnh cần thiết được sản xuất với các máy phay đĩa hay phay ngón.

Dạng C tương tự mẫu A, nhưng có thêm một lỗ cho vít giữ lại để có thể giữ then trong rãnh.



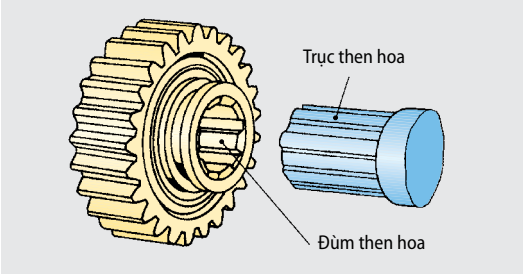
Hình 2: **Các dạng then**

Kết nối bằng trục then hoa được sử dụng cho kết nối kéo theo với sức chịu đựng cao, thí dụ như trục truyền dẫn của máy công cụ. Nhờ số chẵn của các rãnh hình thành số chẵn của then (không phải "nêm") mà các mômen xoắn được truyền ổn định và được chia đều trên bề mặt xung quanh (**Hình 3**). Trục và đùm của một kết nối then hoa với dung sai phù hợp có thể di chuyển dọc trục. Do đó, ta áp dụng chúng để di chuyển bánh răng (**Hình 4**). Sự định tâm của đùm trên trục thường được thực hiện bằng định tâm phía trong của trục và đùm (Hình 3).



Hình 3: **Các dạng trục then hoa**

Các chi tiết máy với kết nối then hoa dễ di chuyển dọc trục và có thể truyền mômen xoắn lớn.



Hình 4: **Kết nối trục then hoa**

Trong **kết nối trục răng** nhờ bước răng nhuyễn nên mạnh hơn so với kết nối then hoa (**Hình 1 và 2**). Do đó với cùng một đường kính thì mô-men xoắn lớn hơn được truyền đi. Vì có nhiều răng nên kết nối răng đặc biệt phù hợp với tải trọng va đập. Ngoài ra, vị trí góc giữa các trục và đùm, có thể dần dần thay đổi từ răng đến răng. Thí dụ như lúc bẩy lên.

Kết nối răng có thể truyền mômen xoắn lớn và va đập.

Profil răng tam giác (cắt răng khía) phù hợp cho các kết nối hiếm khi tháo ra, như các lò xo thanh xoắn trong xe hơi (Trang 402).

Kết nối then hoa với **tiết diện răng thân khai** có hông răng (sườn răng) thân khai như bánh xe răng. Số lượng răng tùy thuộc vào đường kính của trục và mô-đun. Thí dụ ở bộ ly hợp nhiều đĩa (đa đĩa ly hợp), các lá mỏng được nối ở trong với các trục răng, bên ngoài với các đùm răng bởi tiết diện răng thân khai (Trang 408).

Kết nối với trục nhiều cạnh (**trục đa giác**) là kết nối trục và đùm với độ chính xác định tâm cao. Vì thực tế nó không có ứng suất (hiệu ứng răng khía), có thể truyền mômen xoắn lớn hơn so với kết nối then. (**Hình 3 và 4**).

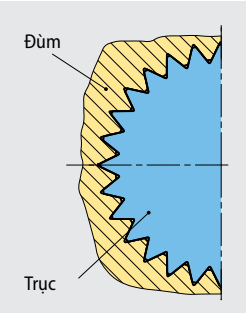
Kết nối với trục nhiều cạnh tự chỉnh tâm và không có ứng suất (hiệu ứng răng khía).

■ Kết nối ghép chặt có tải trước (có ứng suất trước)

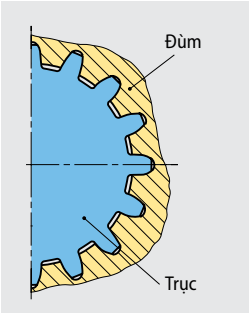
Kết nối bằng nêm được chế tạo từ then có một độ dốc bằng 1:100 và mặt bên có độ hở ít trong các rãnh trục và đùm. Khi then được ghép vào thì trục và đùm được đẩy chặt vào với nhau (**Hình 5**). Qua kết nối chặt này, tâm của trục và đùm hơi dịch một chút so với nhau. Sự dịch chuyển này không được ảnh hưởng đến chức năng của các bộ phận ghép.

Vì sự thay đổi trong trục trung tâm dẫn đến sự mất cân bằng nên kết nối này không phù hợp với tốc độ cao.

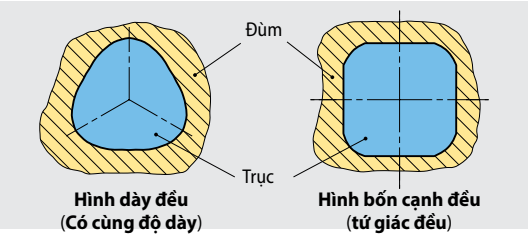
Kết nối bằng răng mặt đầu (**mặt mút**) là các chi tiết kết nối tự định tâm, ở đấy nơi bề mặt phẳng hướng tâm các răng sắp xếp khớp vào nhau (**Hình 6**). Nhờ khả năng chính xác của bàn quay tròn có chia độ, kết nối này được sử dụng trong các bộ truyền động (hộp số) vì chiếm ít chỗ.



Hình 1: Tiết diện khía

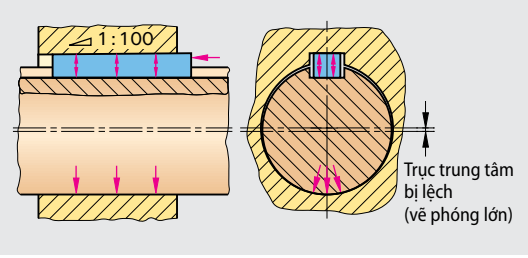


Hình 2: Tiết diện răng thân khai

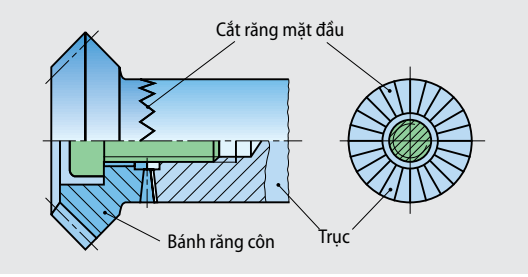


Hình 3: Tiết diện nhiều cạnh

Hình 4: Kết nối trục nhiều cạnh trong hộp số



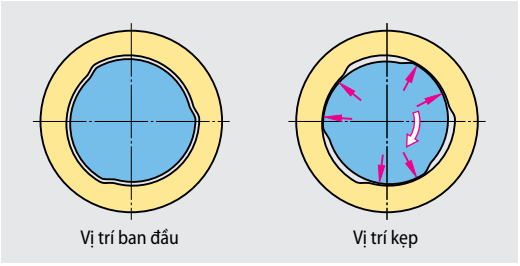
Hình 5: Kết nối bằng then



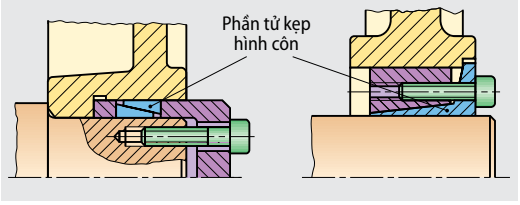
Hình 6: Kết nối răng mặt đầu

Kết nối bằng nêm dạng tròn tạo ra bởi mặt cắt lắp vào không tròn, mà ở chu vi của nó thường là ba vòng tròn nêm (**Hình 1**). Các đoạn nêm ở dạng của một hình xoắn ốc lôgarít. Bởi vì tiết diện nêm tròn của đùm khoảng 0,03mm lớn hơn trục, các bộ phận có thể được ghép lỏng hướng trục. Bằng cách xoay đùm tương đối so với trục một góc được xác định trước hoặc với một mômen xoắn nhất định, các bộ phận được lắp căng với nhau. Bởi vì các phân đoạn nêm có một độ dốc nhỏ nên kết nối tự hãm cả hai chiều với chính xác cao cho độ đảo. Tùy theo ứng suất (tải) và sự chính xác cho độ đảo các prôfin kết nối được sản xuất qua đúc ép, phay hay mài NC với tốc độ cao và mài định hình.

Kết nối nêm tròn truyền mômen xoắn lớn theo cả hai chiều.



Hình 1: **Kết nối nêm dạng tròn**



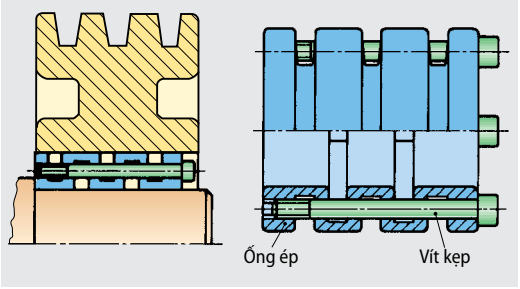
Hình 2: **Kết nối căng bằng lực siết với lò xo vòng**

■ Kết nối lực (ma sát)

Với kết nối lực phù hợp thì đùm và trục có thể ghép căng với bất cứ góc nào. Các trục láng và không bị suy yếu vì rãnh và lỗ khoan ngang.

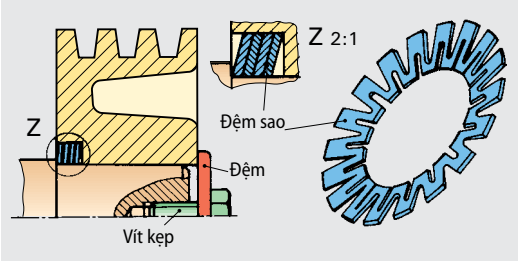
Kết nối bằng lực siết lò xo vòng (vòng chặn lò xo) được tạo thành bằng cách thắt chặt lẫn nhau các cấu kiện hình côn (**Hình 2**). Qua một lực hướng trục tạo ra bởi bulông các vòng được nới rộng hướng tâm hay ép vào nhau và lắp căng trục và đùm với nhau.

Ống ép là những phần tử kẹp bằng thép đàn hồi với các rãnh tiện trên đường kính bên ngoài và lỗ trong (**Hình 3**). Bằng cách siết chặt các vít kẹp thì thành đứng hơi xiên được làm thẳng và đường kính bị thay đổi một chút.



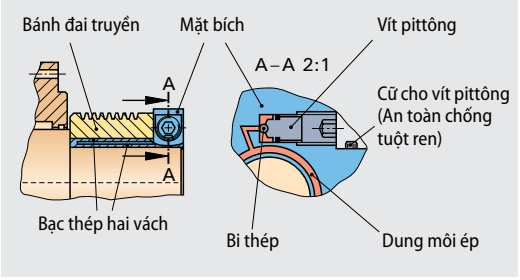
Hình 3: **Ống ép**

Kết nối bằng đệm khía (**đệm hình sao**) được hình thành bởi kẹp xiết theo hướng trục của những đệm vòng có xẻ rãnh hướng tâm dạng côn dẹt (**Hình 4**). Những tấm vòng được ép thẳng sẽ ép vào lỗ khoan của bộ phận ngoài và trục. Số lượng của những đệm vòng lệ thuộc vào mômen xoắn phải truyền đi.



Hình 4: **Kết nối bằng đệm khía** (**vòng đệm hình sao**)

Bạc kẹp kết nối trục và đùm từ lực được tạo ra bằng thủy lực (**Hình 5**). Giữa trục và đùm là bạc thép hai vách, ở giữa được điều vào một dung môi ép với một mặt bích. Trong mặt bích là một pittông vít, khi quay pittông vít thì dung môi ép vào bạc. Các bạc nở ra lên trục và đùm và tạo ra một kết nối ma sát. Một viên bi thép ngăn việc giảm áp.



Hình 5: **Bạc kẹp**

■ Khóa chặn trục

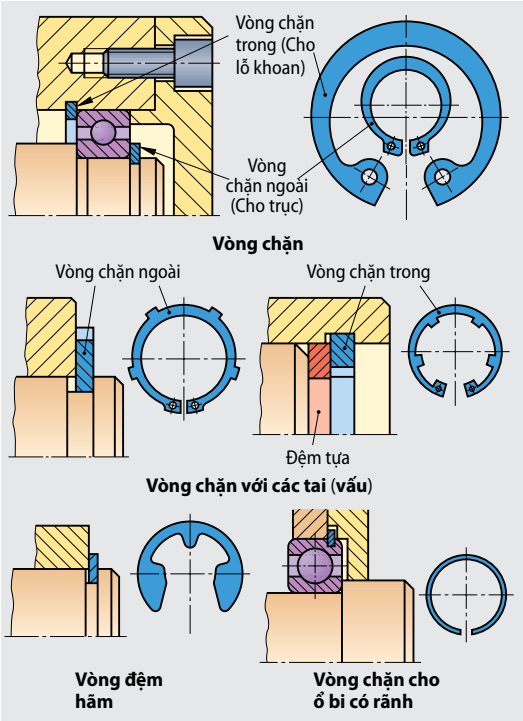
Kết nối dạng khớp (kết nối chặt) trục-đùm và các thành phần như ổ bi, có thể dịch chuyển trên các trục hoặc lỗ, phải được bảo đảm an toàn theo chiều dọc trục. Khóa được thực hiện qua kết nối chặt (khớp) hay kết nối lực ma sát.

Khóa trục theo dạng khớp. Các lực dọc trục tác động phụ thuộc vào loại cơ cấu khóa và các cấu trúc thiết kế của các chi tiết máy (**Hình 1**). Thí dụ, các rãnh ở trục cho một vòng chặn có một khoảng cách đủ lớn từ đầu trục. Mặt tựa của chi tiết máy được giữ an toàn nên nằm sát vòng chặn với diện tích tiếp xúc càng lớn càng tốt. Nếu các chi tiết máy với cạnh vạt lớn hay bo tròn cần được chặn, chúng được hỗ trợ thêm đệm chịu hoặc vòng chặn được sử dụng với các tai (vấu) phân bố ở chu vi. Các cơ cấu khóa dạng khớp đòi hỏi gia công thêm cho trục. Điều này có thể dẫn đến việc suy yếu của tiết diện trục, tác dụng khía bổ sung hoặc mất cân bằng.

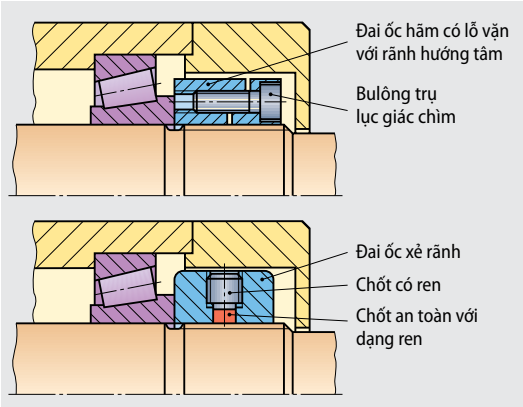
Khóa trục theo dạng lực ma sát. Với các chi tiết khóa trục theo dạng lực ma sát, chẳng hạn như đai ốc xẻ rãnh hoặc các loại đai ốc có lỗ vặn, có thể tránh những bất lợi trên. Bên cạnh vị trí an toàn hướng trục của các cấu kiện bất kỳ, có thể điều chỉnh chính xác với các đai ốc trên, thí dụ độ dôi (độ rơ) của ổ đũa côn hay ổ đũa trụ hướng trục qua việc vặn đai ốc răng nhuyễn của trục.

Việc khóa được thực hiện qua biến dạng của một đai ốc có lỗ vặn được với một bulông lục giác chìm (**Hình 2** - trên) hoặc bằng chốt ren được ép vào chốt an toàn lên thân ren của trục ren (Hình 2 - dưới).

Khóa chặn trục được sử dụng là:
- Vòng hãm
- Vòng chặn
- Vòng hãm với tai
- Đai ốc xẻ rãnh
- Vòng đệm hãm



Hình 1: **Khóa trục theo dạng khớp** (**dạng chặt**)



Hình 2: **Khóa trục theo lực ma sát**

Ôn tập và đào sâu

1. Kết nối trục và đùm có thể được chia ra thành các nhóm nào?
2. Ghép then hoa thuộc loại kết nối nào?
3. Sự khác biệt nào giữa kết nối then và kết nối then hoa?
4. Mômen xoắn được truyền đi như thế nào trong kết nối then?
5. Tại sao những kết nối then không phù hợp đối với tải trọng va đập?
6. Trong trường hợp nào kết nối trục răng được sử dụng?
7. Làm thế nào để truyền các mômen xoắn trong kết nối ghép bằng lực siết căng với lò xo vòng?
8. Vì sao kết nối trục nhiều cạnh có thể truyền mômen xoắn lớn hơn kết nối then hoa?
9. Làm thế nào có thể bảo đảm ngăn chặn đùm di chuyển dọc?
10. Đĩa tựa có chức năng gì?

5.6 Đơn vị chức năng đỡ và mang

Bợ trục và bộ phận dẫn hướng có nhiệm vụ dẫn hướng các chi tiết máy chính xác và chuyển các lực từ động đến tĩnh đến các chi tiết máy với ma sát ít nhất như có thể (**Hình 1**).

Hình 1: Trục chính máy công cụ

5.6.1 Ma sát và dung dịch bôi trơn

Dung dịch bôi trơn làm giảm ma sát và hao mòn giữa các bộ phận chuyển động, không để cho các bề mặt của chúng chạm vào nhau (**Hình 2**). Các lực ma sát F_R tác động ngược với hướng chuyển động (**Hình 3**).

Các lực ma sát phụ thuộc chủ yếu vào

- Lực thẳng góc F_N
- Đặc tính bề mặt bôi trơn của các mặt trượt
- Bôi trơn
- Phối hợp hai vật liệu (lưỡng kim)
- Loại ma sát

Đặc tính bề mặt bôi trơn, phối hợp vật liệu tiếp xúc, bôi trơn và loại ma sát được tính đến qua hệ số ma sát μ. Các hệ số ma sát được xác định bằng thử nghiệm (**Bảng 1**).

Các lực ma sát F_R được tính bằng hệ số ma sát μ và lực thẳng góc F_N:

Lực ma sát $F_R = \mu \cdot F_N$

Nếu lực đẩy F nhỏ hơn lực F_R ma sát tĩnh (Hình 3), thì các bộ phận di chuyển không ngược với nhau (**Ma sát tĩnh**). Khi lực đẩy F lớn hơn, các bộ phận trượt lên nhau (**Ma sát trượt**). Trong khi trượt chậm, thí dụ từ bàn dụng cụ (bàn xe dao) trên bộ phận dẫn hướng, xảy ra thay đổi liên tục giữa ma sát hãm và trượt. Điều này dẫn đến việc trượt bị giật, xóc (hiệu ứng dính trượt) và ngăn cản sự định vị chính xác của bàn trượt.

Trong bợ trục lực ma sát F_R gây ra một mômen xoắn ma sát M_R (**Hình 4**) là tích số của lực ma sát F_R và bán kính trục r:

Mômen xoắn ma sát $M_R = F_R \cdot r$

Bởi vì lực ma sát mà công ma sát W_R phải được sử dụng hết trong các ổ trục và dẫn hướng. Công này càng lớn, khi lực ma sát F_R, vận tốc v và thời gian t càng lớn:

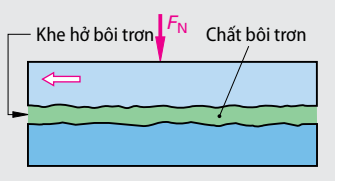
Công ma sát $W_R = F_R \cdot v \cdot t$

Thí dụ: Một đuôi trục với $d = 40$mm chịu một lực $F_N = 2{,}5$ kN. Vòng quay của nó là $n = 500$ vòng / phút, hệ số ma sát $\mu = 0{,}04$, chạy trong thời gian $t = 5$ giờ. F_R, M_R và W_R là bao nhiêu?

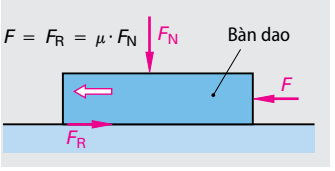
Lời giải:
$F_R = \mu \cdot F_N = 0{,}04 \cdot 2500$ N = **100 N**
$M_R = F_R \cdot r = 100$ N $\cdot 0{,}02$ m = **2 N • m**
$W_R = F_R \cdot v \cdot t = F_R \cdot \pi \cdot d \cdot n \cdot t$
$= 100$ N $\cdot \pi \cdot 0{,}04$ m $\cdot 500$ vòng/phút $\cdot 300$ phút = **1,88 MJ**

■ Trạng thái ma sát

Ma sát rắn. Trong ma sát rắn thì các bề mặt chạm, trượt lên nhau và làm bằng bề mặt nhấp nhô (**Hình 1, trang 385**). Sự phối hợp bất lợi của hai vật liệu và áp suất bề mặt lớn làm các bề mặt bị hàn dính với nhau (gặm mòn).



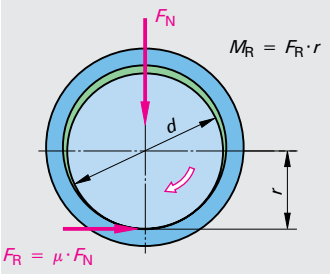
Hình 2: Bề mặt trượt bị tách ra do chất bôi trơn



Hình 3: Lực tác dụng

Bảng 1: Hệ số ma sát

Phối hợp vật liệu	Hệ số ma sát μ ở		
	Ma sát tĩnh	Ma sát trượt	Ma sát trượt
Thép với	Trạng thái bôi trơn: khô		được bôi trơn
Gang xám	0,2	0,18	0,09
Thép	0,2	0,15	0,07
Hợp kim Cu-Sn	0,2	0,1	0,04
Lớp ma sát	0,6	0,5	0,25



Hình 4: Mômen ma sát

Ma sát hỗn hợp. Phát sinh khi bắt đầu chuyển động hay bôi trơn không đủ. Bề mặt trượt chạm lẫn nhau ở một số nơi (**Hình 2**). Các lực ma sát sinh ra và độ mài mòn thấp hơn đối với ma sát rắn. Tình trạng này không thể chấp nhận được khi hoạt động liên tục.

Ma sát nhớt (**ma sát chất lỏng**). Điều kiện lý tưởng là có được nhiều chất bôi trơn giữa các bề mặt trượt, làm chúng hoàn toàn tách rời nhau (**Hình 3**). Vì vậy lực ma sát rất nhỏ, được hình thành qua chuyển động trượt lên nhau của các phân tử chất bôi trơn.

■ Các loại ma sát

Ma sát trượt xảy ra giữa hai chi tiết trượt lên nhau, chẳng hạn như trong một bợ trục bạc trượt (**Hình 4**).

Ma sát lăn được gọi là lực đề kháng được khắc phục khi hai chi tiết lăn lên nhau. Trong ma sát lăn các chi tiết chạm vào nhau theo dạng điểm hay dạng đường thẳng, chẳng hạn như trong vòng bi đũa hình trụ giữa các con lăn hình trụ và vòng trong (**Hình 5**).

Ma sát trượt và lăn là một loại ma sát mà trong đó ma sát lăn và ma sát trượt xảy ra cùng một lúc. Các viên bi của ổ lăn chạm vành ngoài trên một đường thẳng, tức là trên đường kính khác nhau của các rãnh (**Hình 6**). Bởi vì các đường kính tiếp xúc khác nhau nên trong một đoạn đường di chuyển nhất định của bi sẽ có những đoạn đường di chuyển khác nhau ở chu vi rãnh trượt. Vì thế chuyển động lăn có liên kết với một chuyển động trượt. Do đó ổ lăn bắt buộc phải được bôi trơn.

■ Dung dịch bôi trơn

Các chức năng quan trọng của dung dịch bôi trơn là:

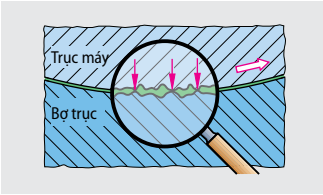
- Giảm ma sát
- Giảm chấn động va chạm
- Chống ăn mòn
- Tản nhiệt
- Loại bỏ các hạt mài mòn

Dung dich bôi trơn cần có những đặc điểm sau đây:

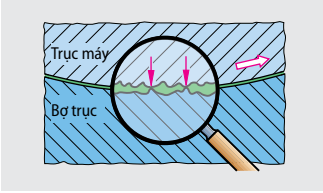
- chịu áp lực
- ít ma sát trong
- không có axit và nước
- tính bám dính
- không có các thành phần rắn
- thay đổi độ nhớt ít
- điểm bốc cháy cao
- điểm cháy cao
- giới hạn chảy thấp
- Tính bền chống lão hóa

Tính chất của dung dịch bôi trơn. **Độ nhờn** (độ nhớt) là thước đo của ma sát trong của dung dịch bôi trơn xảy ra giữa các phân tử dung dịch bôi trơn. Chất lỏng có độ nhớt cao (thí dụ như mật ong) thì đặc, những thứ có độ nhớt thấp (thí dụ như nước) thì lỏng (**Hình 1, trang 386**).

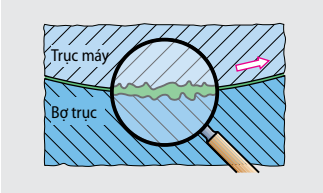
Giới hạn chảy là nhiệt độ mà tại đó các dung dịch bôi trơn dưới điều kiện thử nghiệm còn chảy. **Điểm bốc cháy** là nhiệt độ mà tại đó dung dịch bôi trơn phát triển thành khí có thể cháy. Tại **điểm cháy** dung dịch bôi trơn hình thành khí đốt tiếp tục tự cháy sau khi bắt lửa. **Điểm bắt lửa** là nhiệt độ mà tại đó một hỗn hợp khí của dung dịch bôi trơn - hỗn hợp không khí tự bốc cháy.



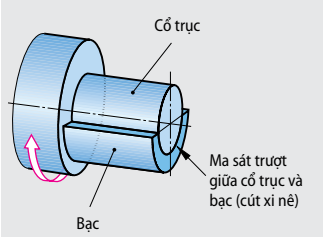
Hình 1: Ma sát rắn



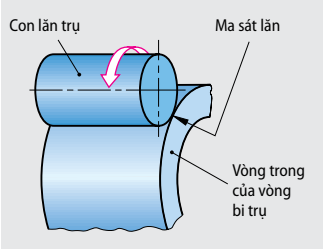
Hình 2: Ma sát hỗn hợp



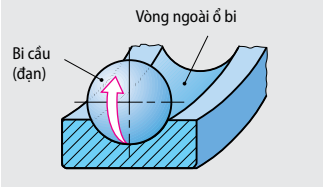
Hình 3: Ma sát lỏng (Ma sát nhớt)



Hình 4: Ma sát trượt



Hình 5: Ma sát lăn



Hình 6: Ma sát trượt và lăn

■ Các loại dung dịch bôi trơn

Dung dịch bôi trơn dạng lỏng. Dầu khoáng sản hoặc các loại dầu tổng hợp thường được sử dụng làm dung dịch bôi trơn (**Bảng 1**).

Dầu khoáng sản có nguồn gốc từ dầu mỏ và bao gồm các chuỗi hydrocarbon có độ nhớt cao hơn và thấp hơn tùy thuộc vào chiều dài chuỗi phân tử. Dầu khoáng sản có chứa các chất bổ sung (chất phụ gia) giữ được độ nhớt không thay đổi, đặc biệt là trong một phạm vi nhiệt độ rộng hơn, thí dụ tăng cường độ nén và khả năng chống lão hóa (**Hình 1**). Tùy loại, chúng có thể được sử dụng giữa -20°C đến 100°C.

> Dầu khoáng sản qua các chất phụ gia có thể thích ứng được trong một phạm vi nhiệt độ.

Dầu tổng hợp chủ yếu có nhiều tính năng thuận lợi hơn về mặt tương quan giữa độ nhớt-nhiệt độ và có sức chống lão hóa cao hơn so với dầu khoáng, nhưng lại đắt tiền.

Mỡ bôi trơn. Mỡ bôi trơn được làm từ các loại dầu khoáng sản hay dầu tổng hợp, được làm đặc với xà phòng bari, natri, và lithium thành dung dịch bôi trơn dạng nhão. Chúng được sử dụng trong ổ bi và ổ bạc trượt, thí dụ như khi các ổ này phải được bít kín chống bụi.

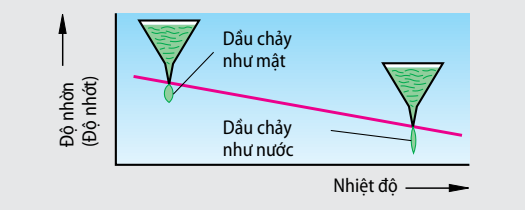
Dung dịch bôi trơn rắn. Chất bôi trơn rắn được sử dụng, nếu màng phim của các loại dầu bôi trơn hay mỡ bôi trơn không thể hình thành do tốc độ trượt thấp hoặc khi nhiệt độ hoạt động rất thấp hoặc rất cao (**Bảng 2**). Dung dịch bôi trơn rắn được sử dụng thí dụ như bột than chì, molypđen đisulfua (MoS_2) và nhựa PTFE. Các hạt của bột than chì và MoS_2 có dạng tấm nhỏ. Trong khe bôi trơn chúng làm bằng phẳng mặt nhấp nhô của vật liệu và trượt lên nhau (**Hình 2**). Chất bôi trơn rắn thường được trét dưới dạng bột nhão hoặc keo sơn (sơn trượt) trên bề mặt. Trong dạng bột nhão chúng được kết hợp với dầu và được sử dụng để bôi trơn trong phạm vi ma sát hỗn hợp, thí dụ, cho bộ truyền động trục vít và ốc vít. Keo sơn là chất bôi trơn rắn được kết hợp với nhựa cứng. Chúng bôi trơn trục ren và đường trượt.

Bảng 1: Chất bôi trơn lỏng (trích)

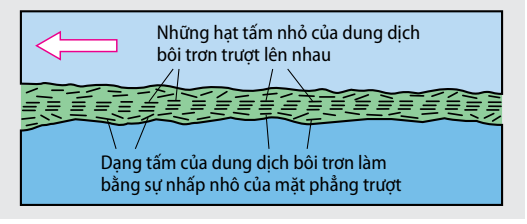
Nhóm dung dịch/ Biểu tượng	Ký hiệu	Các loại dung dịch bôi trơn - Đặc tính - Ứng dụng
Dầu khoáng	AN	Dầu bôi trơn thông thường không phụ gia, được sử dụng không có đòi hỏi đặc biệt
	C	Dầu bôi trơn chống lão hóa không phụ gia, cho ổ trục và hộp số
Dầu tổng hợp	PG	Dầu Polyglykol với tính năng ma sát hỗn hợp tốt, sức đề kháng lão hóa cao. Một phần có thể trộn với nước.
	SI	Dầu Silicon, đặc biệt phù hợp cho nhiệt độ cao và thấp, kỵ nước (không hòa với nước), sức bền lão hóa tốt

Bảng 2: Chất bôi trơn rắn

	Màu	Nhiệt độ làm việc °C	Độ bền đối với		Hệ số ma sát trượt μ
			Hóa chất	Ăn mòn	
Than chì (Grafit)	đen xám	-120 đến +600	rất tốt	tốt	0,1 đến 0,2
molypđen đisulfua (MoS_2)	đen xám	-100 đến +400	tốt	kém	0,04 đến 0,09



Hình 1: Sự lệ thuộc của độ nhớt vào nhiệt độ



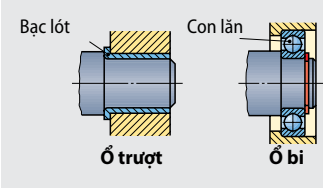
Hình 2: Khe hở với chất bôi trơn rắn

Ôn tập và đào sâu

1. Lực cần thiết để di chuyển bàn trượt dụng cụ là bao nhiêu nếu $F_N = 8$ kN, hệ số ma sát $\mu = 0{,}09$?
2. Người ta phân biệt bao nhiêu loại ma sát?
3. Loại ma sát nào xảy ra trong một ổ bi rãnh?
4. Chất bôi trơn có nhiệm vụ gì?
5. Nguyên nhân nào có thể gây ra hàn dính (gặm mòn) trong quá trình trượt?
6. Độ nhớt của chất bôi trơn là gì?
7. Chất bôi trơn rắn được sử dụng trong trường hợp nào?

5.6.2 Bợ trục (Ổ trục)

Bợ trục dẫn hướng và đỡ trục truyền và cốt, bị tác dụng bởi lực hướng tâm và dọc trục. Theo loại ma sát sinh ra giữa các chi tiết máy, ta phân biệt được **bợ trục bạc trượt** và **ổ bi** (**Hình 1**), theo chiều của các lực tác dụng **ổ đỡ** và **ổ chặn** (**Hình 2**).



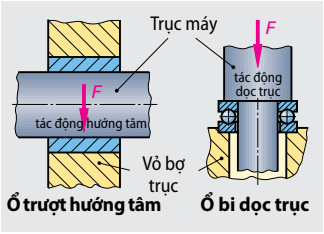
Hình 1: **Ổ trượt và ổ bi**

5.6.2.1 Bợ trục bạc trượt (Ổ trượt)

Với bợ trục bạc trượt, cổ trục quay trong một bạc lót hay ống lót (Hình 1). Các lực F mà bợ trục phải chịu tác động, tạo ra một lực ma sát F_R khi quay, lực này tác động ngược lại chiều chuyển động (Trang 384).

Để giữ được lực ma sát nhỏ và nhờ đó mômen xoắn ma sát cũng nhỏ, phải có đủ dung dịch bôi trơn giữa các bề mặt trượt.

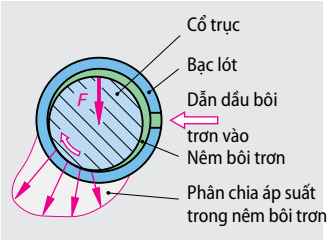
Ta phân biệt bôi trơn thủy động và thủy tĩnh.



Hình 2: **Ổ đỡ và ổ chặn**

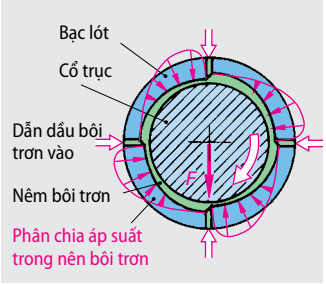
■ Bôi trơn thủy động

Trong bợ trục bạc trượt với bôi trơn thủy động, màng bôi trơn được sinh ra bởi chuyển động quay của cổ trục (**Hình 3**). Khi trục bắt đầu chạy, cổ trục và ống lót ổ trục chưa hoàn toàn cách nhau bởi màng (lớp phim) bôi trơn (Ma sát hỗn hợp). Với tốc độ tăng dầu bôi trơn cung cấp phía bên không chịu tải được cổ trục kéo vào khe bôi trơn hẹp. Áp lực tăng trong khe bôi trơn làm cho cổ trục được nâng lên và do đó làm giảm ma sát. Với tốc độ trượt đủ lớn, khoảng cách giữa các phần trượt đủ lớn để cổ trục nổi trên màng dầu (Ma sát lỏng).



Hình 3: **Phân chia áp suất trong nêm bôi trơn**

Ổ trượt nhiều mảnh có nhiều khe bôi trơn (**Hình 4**). Đối với vị trí lệch tâm của cổ trục, lực dầu bôi trơn được tạo thành ở những khe bôi trơn bị ảnh hưởng, lực này đẩy cổ trục về tâm ngay lập tức. Ổ trượt hướng tâm với bôi trơn thủy động có các phân đoạn nghiêng có thể chịu được lực dọc trục rất cao, thí dụ như bợ trục đứng của tua bin nước (**Hình 5**).



Hình 4: **Ổ trượt thủy động nhiều mảnh**

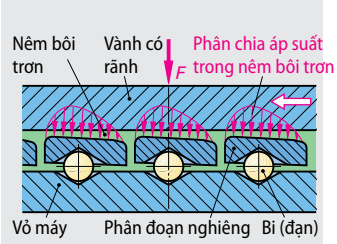
■ Thiết bị bôi trơn

Các dung dịch bôi trơn phải được cho vào bợ trục bạc trượt qua các lỗ dầu và bọng bôi trơn. Những lỗ và túi dầu nên ở bên không chịu tải. Mỡ bôi trơn có thể được ép, thí dụ, thông qua các vú mỡ (vòi bơm mỡ) hoặc thông qua đường ống dẫn nhỏ từ một hệ thống bôi trơn trung tâm đến các vị trí bợ trục (ổ trục).

Trong bợ trục bạc trượt với **bể dầu bôi trơn**, dầu từ các bộ phận quay, chẳng hạn như vòng nhúng hoặc đĩa bôi trơn, được đưa đến các điểm bôi trơn.

Trong trục chịu tải cao, **sự bôi trơn dầu tuần hoàn** đảm bảo đủ lượng chất bôi trơn. Bằng máy bơm dầu được ép với áp lực từ 0,5 và 3 bar vào khe chứa dầu.

Từ đó nó chảy trở lại vào các bể chứa dầu. Đối với ổ trượt chịu tải trọng cao nên sẽ trở thành rất nóng, dầu phải được làm nguội trong bộ làm mát dầu.



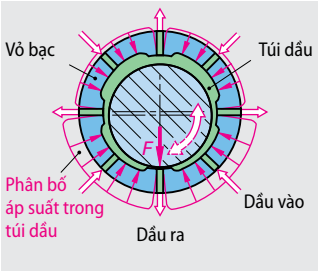
Hình 5: **Bợ trục hướng tâm với các phân đoạn nghiêng**

■ Bôi trơn thủy tĩnh

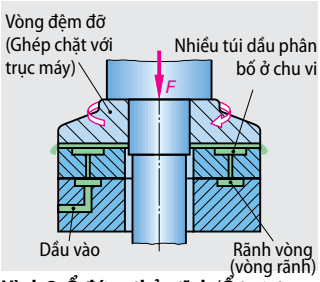
Trong bợ trục bạc trượt với bôi trơn thủy tĩnh, dầu bị ép vô các túi dầu, các túi này được phân phối trên chu vi của ổ trượt (**Hình 1** và **2**). Ở đây mỗi túi được cung cấp với một khối lượng dòng chảy đều. Áp lực dầu được tạo ra bên ngoài ổ trượt từ các bơm đặc biệt.

Khi trục chịu tải, tâm trục bị đẩy về hướng lực tác động. Bởi vì khối lượng dòng chảy đều, áp lực tăng về phía có khe hẹp, áp lực giảm về phía khác. Nhờ vậy, trục được đẩy trở lại vào tâm ổ trượt. Ngay cả lúc dừng lại và khởi động ban đầu thì trục và ống lót không chạm vào nhau. Do đó, sự trượt bị giật xóc (hiệu ứng dính trượt) được loại trừ. Bôi trơn thủy tĩnh được dùng thí dụ như trục chính máy tiện, nơi yêu cầu năng lực chịu tải lớn và độ đảo có độ chính xác cao.

Ưu điểm	Khuyết điểm
• Không mòn lúc khởi động • Tăng nhiệt ít • Độ chính xác cao cho độ đảo • Không có hiệu ứng trượt bị giật xóc	• Phức tạp, thiết bị bôi trơn đắt tiền • Cần thiết theo dõi cẩn thận hệ thống bôi trơn



Hình 1: **Bợ trục dọc trục đỡ thủy tĩnh**



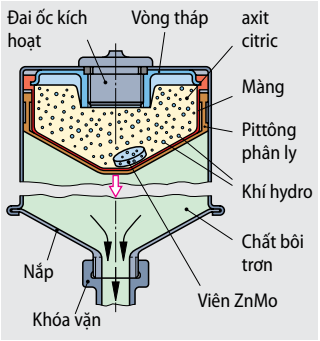
Hình 2: **Ổ đứng thủy tĩnh** (**Ổ trượt hướng trục thủy tĩnh**)

■ Bợ trục bạc trượt ít bảo dưỡng và không cần bảo dưỡng

Bợ trục bạc trượt ít bảo dưỡng. Chúng có một kho dự trữ chất bôi trơn, đủ cho một thời gian dài, thí dụ, trong nhiều tháng.

Hệ thống bôi trơn tự động được sử dụng ngoài các bợ trục bạc trượt còn có ổ lăn (Trang 390) và bộ phận dẫn hướng (Trang 396) và được xây dựng thành hệ thống bôi trơn một điểm hay hệ thống bôi trơn nhiều điểm.

Hệ thống bôi trơn một điểm có thể được điều khiển bằng van điện hóa. Khi vặn một vít kích hoạt, thí dụ như rơi một viên ZnMo thiêu kết vào axít citríc và hình thành với nó một thành phần mạ kẽm (**Hình 3**). Viên này được phân hủy tạo ra khí hydro. Do áp suất khí sinh ra, màng nở lớn và di chuyển các pittông phân ly. Điều này làm cho chất bôi trơn (mỡ hoặc dầu) có phía trước của pittông bị ép từ từ vào điểm bôi trơn. Hệ thống bôi trơn nhiều điểm thường được kéo bởi động cơ có hộp số nhỏ.

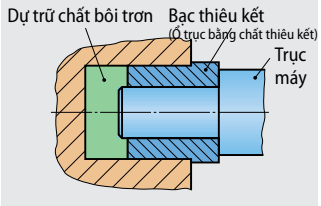


Hình 3: **Thiết bị châm dầu tự động**

Bợ trục bạc trượt không cần bảo dưỡng. Trong các ổ này, kho dự trữ chất bôi trơn hiện có đủ cung cấp cho hết tuổi thọ của ổ trục (**Hình 4**). Ổ trượt không cần bảo dưỡng, thí dụ từ nhựa có chứa chất bôi trơn PTFE, bợ trục bạc trượt thiêu kết ngâm tẩm chất bôi trơn cũng như ổ trượt với các lớp chạy chứa các chất bôi trơn rắn.

Ổ trượt hỗn hợp không cần bảo dưỡng cũng có thể bao gồm một vỏ thép đỡ với lớp phủ bằng đồng thiêu kết. Trong lớp phủ, các chất bôi trơn rắn có chứa than chì được phân bố mịn (**Hình 5**).

Bên cạnh đặc tính cơ học tốt, ổ trượt như thế còn có ma sát thấp và phù hợp với nhiệt độ lên đến 350°C.

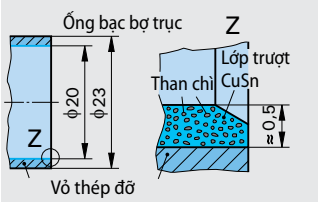


Hình 4: **Ổ trượt thiêu kết không cần bảo dưỡng**

■ Vật liệu bôi trơn

Vật liệu ổ trục, vật liệu cổ trục và chất bôi trơn trong ổ trượt phải được phối hợp với nhau.

Các hợp kim thích hợp cho **vật liệu ổ trục** là đồng, thiếc, chì, kẽm, nhôm và các kim loại thiêu kết, chất dẻo như polyamide, cho các mục đích thấp là gang với graphít (than chì) tấm.



Hình 5: **Kết cấu bợ trục không cần bảo dưỡng**

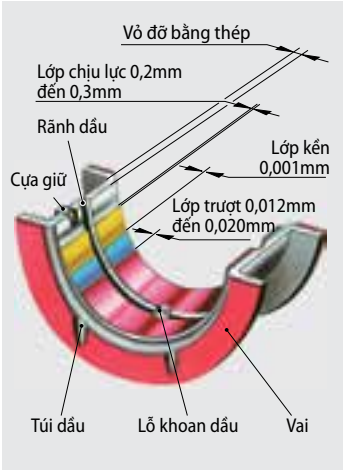
Vật liệu bạc trượt nên có các đặc điểm sau:

- Độ bền mài mòn cao
- Có đặc điểm chạy khẩn cấp tốt (Sức chịu mòn ma sát tốt)
- Độ dẫn nhiệt cao
- Khả năng thấm ướt tốt qua chất bôi trơn
- Khả năng nhận những hạt lạ của vật liệu khác do mài mòn nằm chìm vào.

Ổ trượt nhiều lớp thường được sử dụng cho trục máy chịu tải, tốc độ cao, chẳng hạn như trục khuỷu (**Hình 1**). Chúng bao gồm một vỏ thép và mang nhiều lớp kim loại mỏng. Chúng có khả năng chịu tải cao với không gian lắp nhỏ.

Áp suất bề mặt cho phép của vật liệu bạc trượt rất khác nhau. Trị số thực nghiệm có thể được lấy từ các bảng (**Bảng 1**).

Các áp suất bề mặt P càng lớn, khi lực F lớn hơn và bề mặt chịu lực A nhỏ đi là:



Hình 1: **Ổ trượt nhiều lớp**

Áp lực bề mặt $p = \frac{F}{A}$

Bề mặt chịu lực A tương đương với diện tích chiếu của cổ trục (**Hình 2**).

Thí dụ: Một cổ trục với một đường kính $d = 50$mm và chiều dài $\ell = 40$mm chịu một lực $F = 50$ kN. Vật liệu nào phải được sử dụng theo bảng 1?

Lời giải: $p = \frac{F}{A} = \frac{F}{d \cdot l} = \frac{50\,000\ \text{N}}{50\ \text{mm} \cdot 40\ \text{mm}} = 25\ \text{N/mm}^2$

Vật liệu phù hợp cho bợ trục bạc trượt G-CuSn12 với $P = 25$ N/mm^2.

Công ma sát W_R sử dụng trong các ổ trục (Trang 384) được chuyển đổi thành năng lượng nhiệt.

Thí dụ: Một bợ trục bạc trượt bằng SnSb12Cu6Pb chịu một lực $F = 15$ kN. Ổ trượt phải có kích thước d và ℓ nào khi biết rằng $d \approx 0{,}8 \cdot \ell$.

Lời giải: $A = \frac{F}{p} = \frac{15\,000\ \text{N}}{15\ \text{N/mm}^2} = 1000\ \text{mm}^2$

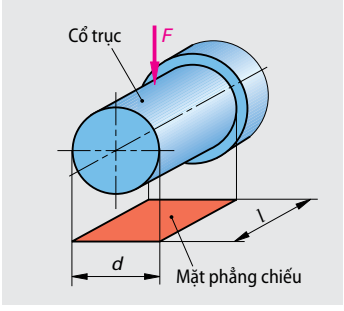
$A = d \cdot l = 0{,}8 \cdot l \cdot l = 0{,}8 \cdot l^2$

$l = \sqrt{\frac{A}{0{,}8}} = \sqrt{\frac{1000\ \text{mm}^2}{0{,}8}} = 35\ \text{mm}$

$d = 0{,}8 \cdot l = 0{,}8 \cdot 35\ \text{mm} = 28\ \text{mm}$; chọn $d = 30$ mm

Bảng 1: **Áp suất bề mặt cho phép**

Vật liệu	p_{zul} bằng N/mm^2
SnSb12Cu6Pb	15
PbSb14Sn9CuAs	12,5
G-CuSn12	25
EN-GJL-250	5
PA 66	7



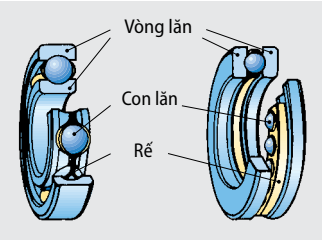
Hình 2: **Mặt phẳng chiếu**

Ôn tập và đào sâu

1. Nguyên nhân nào gây ra trượt bị giật xóc (hiệu ứng stick-slip)?
2. Lớp màng bôi trơn được hình thành như thế nào trong bợ trục bạc trượt với dầu bôi trơn bằng thủy động lực?
3. Tại sao bợ trục bạc trượt bôi trơn thủy tĩnh chạy không bị mòn?
4. Các ưu điểm và nhược điểm của bôi trơn thủy tĩnh so với bôi trơn thủy động?
5. Tại sao phải sử dụng bộ làm nguội dầu, khi dầu bôi trơn bị làm nóng lên?
6. Nguyên nhân nào có thể gây ra sự tăng nhiệt mạnh của dầu bôi trơn?
7. Bôi trơn dầu luân chuyển hoạt động như thế nào?
8. Những vật liệu nào được sử dụng làm vật liệu bợ trục bạc trượt?
9. Vật liệu nào cho ổ trục (Bảng 1) có thể được sử dụng nếu kích thước cổ trục của một trục máy là $d = 30$mm và $\ell = 25$mm và chịu một lực $F = 9$ kN?

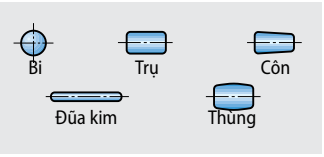
5.6.2.2 Ổ bi (Ổ lăn)

Ở ổ bi, lực truyền từ cổ trục đến vỏ máy qua các con lăn, chúng lăn giữa hai vòng lăn trong và ngoài (**Hình 1**). Qua đó ma sát lăn sinh ra nhỏ hơn ma sát trong bợ trục bạc trượt. Đặc biệt ổ bi có lợi thế so với bợ trục bạc trượt với dầu bôi trơn thủy động là ma sát nhỏ hơn ở tốc độ thấp và khi khởi động.



Hình 1: Tên gọi ở ổ lăn

Bi, bi trụ, bi côn, bi thùng và bi đũa được sử dụng làm con lăn (**Hình 2**). Các con lăn có thể được sắp xếp một hoặc hai hàng (hai dãy). Vòng cách giữ các con lăn với một khoảng cách đều nhau và ngăn chặn con lăn rơi ra khi tháo rời ổ lăn.



Hình 2: Con lăn

Vòng ổ lăn và các con lăn được làm bằng thép chịu lực, thí dụ 100Cr6 hoặc 100CrMo6. Rế (lồng ổ trục) được làm bằng thép hoặc tấm đồng thau, thau rắn hoặc nhựa polyamit.

Ưu điểm so với bợ trục bạc trượt	Nhược điểm so với bợ trục bạc trượt
• Ma sát và độ tăng nhiệt thấp, tiêu thụ chất bôi trơn ít • Khả năng chịu tải cao ở tốc độ thấp • Khả năng tráo đổi được cho nhau theo kích thước được chuẩn hóa • Cân bằng sự uốn cong của trục máy với vòng bi nhào	• Nhạy cảm với chất bẩn, va đập, bụi bẩn và nhiệt độ cao • Tiếng ồn tăng hơn • Đường kính lắp ổ lớn hơn • Khả năng chịu tải ít hơn ở cùng kích thước lắp ráp và độ giảm chấn thấp

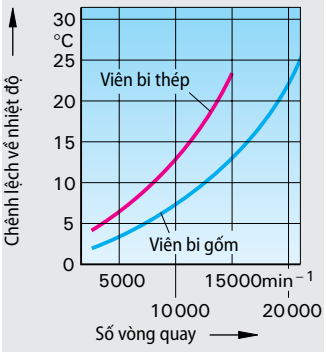
Ổ lăn tổ hợp (**Ổ lăn lai**). Nếu một ổ lăn được lắp với yêu cầu cao nhất cho việc chạy chính xác, tốc độ, độ cứng vững, chẳng hạn như trên trục chính làm việc của máy công cụ thì ổ bi với con lăn gốm được sử dụng (Trang 274). Vì các vật liệu khác nhau của vòng và các con lăn nên các ổ này được gọi là ổ lăn tổ hợp hay ổ lăn lai (Hybrid).

Con lăn gốm được làm bằng từ silic nitrua (Si_3N_4). Nó có tỷ trọng thấp hơn và độ giãn nở nhiệt ít hơn so với con lăn bằng thép. Ngoài ra nó cũng cứng hơn, cách điện, có độ bền nén cao và đòi hỏi ít về việc bôi trơn (**Bảng 1**).

Bảng 1: So sánh đặc tính vật liệu

Thông số đặc trưng	Thép ổ bi 100Cr6	Silic nitrua Si_3N_4
Tỷ trọng ς	7,9 g/cm³	3,25 g/cm³
Hệ số giãn nở α_1	$12 \cdot 10^{-6}$/K	$3 \cdot 10^{-6}$/K
Độ cứng HV10	700 kg/mm²	1600 kg/mm²
Điện trở ς	$0{,}4 \cdot 10^{-6}\ \Omega \cdot m$ (Dẫn điện)	$10^{12}\ \Omega \cdot m$ (Không dẫn điện)
Độ bền nén σ_d	880 N/mm²	3000 N/mm²
Môđun đàn hồi E	210 kN/mm²	310 kN/mm²

Do tỷ trọng thấp nên các lực ly tâm của con lăn trên vòng ngoài và do đó lực ma sát nhỏ hơn đáng kể. Vì thế ổ lăn tổ hợp không nóng và cho phép tốc độ cao (**Hình 3**). Qua việc giãn nở ít hơn, các ổ được lắp với ứng lực nên lực ma sát và nhiệt độ hoạt động thấp hơn. Độ cứng và độ nén cao cũng như xu hướng bị gặm mòn vì ma sát của sự phối hợp vật liệu thép-gốm cho ra độ cứng cao hơn và sức chịu ăn mòn lớn.



Hình 3: Nung nóng ổ lăn

Ổ lăn toàn bộ bằng gốm. Với ổ lăn toàn bộ bằng gốm thì các vòng đều được làm bằng silic nitrua (Si_3N_4). Các ổ này có tính chống ăn mòn đối với nhiều axit và kiềm, chịu nhiệt đến 800°C và không có từ tính. Nếu được lắp trong máy bơm, các ổ này có thể được bôi trơn với môi trường được chuyển tải, thí dụ như nước hay axít.

■ Các loại ổ lăn

Theo các hình dạng cơ bản của con lăn người ta phân biệt ổ bi và ổ đũa (**Hình 1**).

Ổ bi

Ổ bi rãnh loại một và hai dãy thích hợp cho tải trọng hướng tâm vừa và tải trọng dọc trục nhỏ và tốc độ cao.

Ổ bi đỡ - chặn có thể chịu các lực dọc trục theo một hướng và lực hướng tâm. Chúng thường được cài đặt từng cặp và dự ứng lực.

Ổ bi chặn và **ổ đũa chặn** chỉ có thể chịu lực dọc trục. Chúng được cài đặt kết hợp với ổ bi đỡ.

Ổ đũa

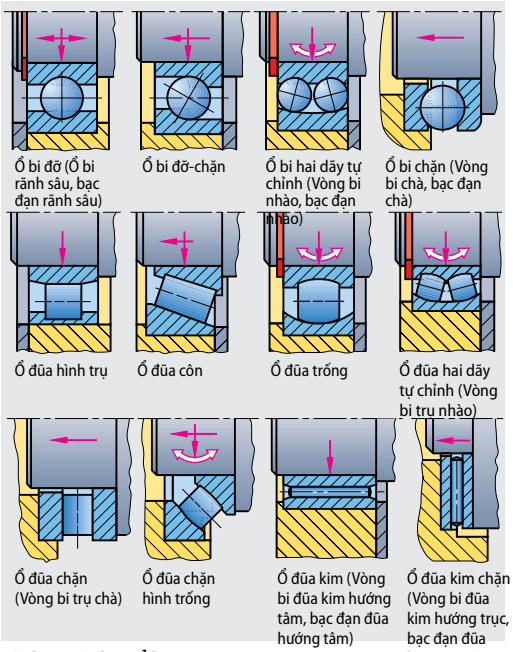
Ổ đũa hình trụ được sử dụng cho tải hướng tâm cao và trục lớn.

Ổ đũa côn có thể chịu lực hướng tâm lớn cũng như lực dọc trục theo một hướng.

Chúng thường được cài đặt từng cặp.

Ổ bi hai dãy tự chỉnh, **ổ đũa hai dãy tự chỉnh**, **ổ bi hình trống** (**ổ đũa cầu**) và **bạc đạn nhào bi trụ hướng tâm** có thể bù đắp cho sự lệch tâm, điều này được tạo ra chẳng hạn như lỗi chế tạo và trục bị bẻ cong.

Ổ đũa kim cần kết cấu có không gian nhỏ. Nó có thể được cài đặt mà không cần vòng ổ lăn giữa trục và vỏ máy (Vành bi kim).



Hình 1: **Các loại ổ lăn**

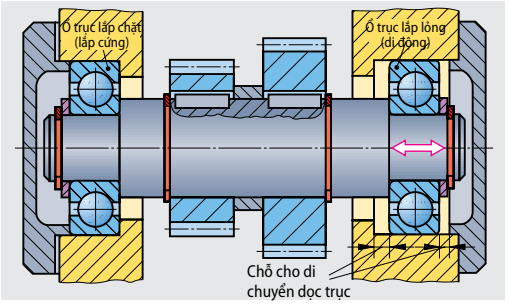
■ Lắp đặt ổ lăn

Bợ trục lắp chặt và bợ trục lắp lỏng (**Ổ trục cố định và ổ trục di động**). Khi lắp đặt trục máy thì ổ trục cố định thường là ổ bi lắp chặt, ổ khác là ổ lắp lỏng (**Hình 2**). Cả hai ổ được chịu tải bởi các lực xuyên tâm. Ổ lắp chặt chịu toàn bộ lực dọc trục, trong khi ổ lắp lỏng có thể di chuyển theo hướng dọc trục khi trục giãn nở. Điều này ngăn chặn việc chịu căng tải của con lăn trong các vòng.

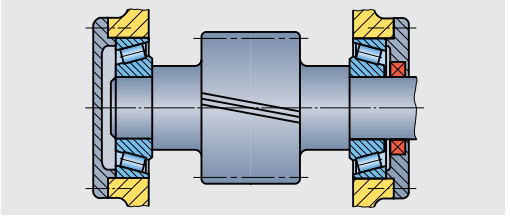
> Ổ đũa hình trụ mà không có vành bi chạy và bạc đạn đũa (ổ đũa kim) có thể tự cân bằng các chuyển vị dọc trục trong ổ trục.

Cơ cấu dẫn hướng đối nghịch. Ở cơ cấu dẫn hướng đối nghịch, cả hai ổ trục chịu lực dọc trục, nhưng chỉ trong một hướng (**Hình 3**). Cách bố trí này không cho phép một dịch chuyển hướng trục khi nhiệt độ thay đổi. Do đó, chỉ áp dụng cho trục ngắn.

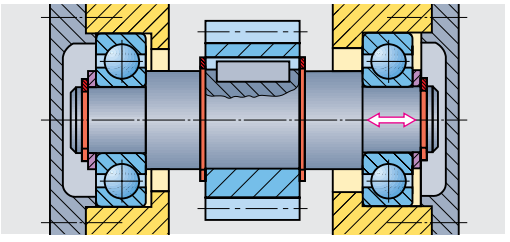
Bợ trục nổi (**Ổ trục nổi**). Ở bợ trục nổi khe hở lắp ghép được qui định trước từ 0,5mm đến 1mm. Nhờ vậy, giá thành lắp ráp giảm. Tại mỗi thay đổi hướng của lực dọc trục, các trục có thể bị đẩy một ít. Ổ trục nổi cũng thích hợp cho trục ngắn (**Hình 4**).



Hình 2: **Ổ trục lắp chặt và ổ trục lắp lỏng** (**di động**)



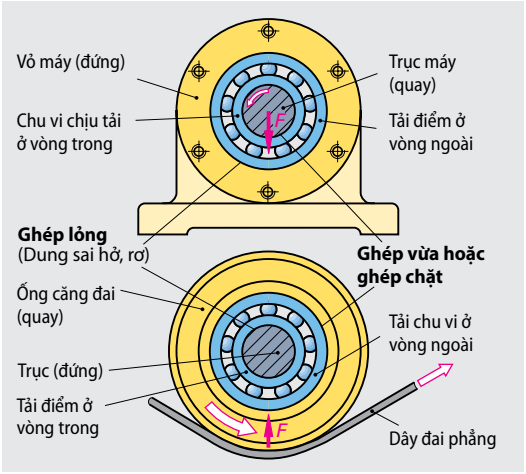
Hình 3: **Sự dẫn hướng đối nghịch**



Hình 4: **Ổ trục lơ lửng** (**tự do**)

■ Tương quan vòng quay (Tương quan giữa chuyển động và hướng tải)

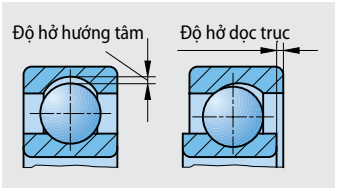
Đối với ổ lăn không tháo rời được sử dụng làm ổ trục di động, *một* vòng ổ lăn phải được dịch chuyển dọc trục. Điều này đòi hỏi một mối ghép dung sai lỏng (rơ) giữa vòng ổ và trục hoặc vỏ máy. Nơi mà một dung sai lỏng (rơ) có thể xuất hiện tùy thuộc vào sự tương quan vòng quay. Ta hiểu tương quan vòng quay là sự chuyển động của vòng ổ lăn tương quan đến chiều tải. Người ta phân biệt là tải chu vi và tải điểm.



Hình 1: **Tương quan vòng quay**

Tải chu vi là khi trong một vòng quay của ổ trục, tại mỗi điểm của đường vòng ổ lăn đều chịu tải một lần (**Hình 1**, trên: vòng trong, dưới: vòng ngoài). Các vòng nào chịu một tải trọng chu vi, phải được ghép nối chặt hơn khi tải càng lớn. Ở một mối ghép lỏng giữa các bộ phận, sẽ có thể đưa đến việc "di chuyển" các vòng ổ lăn theo hướng chu vi, do vậy vòng ổ lăn và vỏ ổ sẽ bị hư hại (Ghép gỉ sắt).

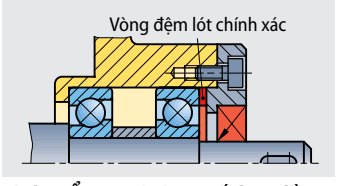
Tải điểm là khi tải luôn luôn hướng đến cùng một điểm của vòng ổ (Hình 1, trên: vòng ngoài, dưới: vòng trong). Trong khi chịu tải vòng ổ lăn không di chuyển. Nó có thể được lắp với độ hở nhỏ và sau đó có thể dịch chuyển dọc trục.



Hình 2: **Độ hở ngang và dọc**

■ Lắp ổ lăn

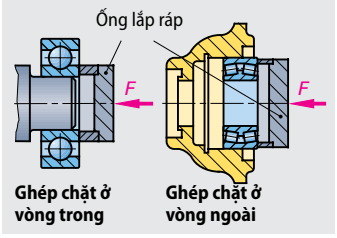
Giữa các con lăn và các vòng ổ lăn thường có một độ hở theo hướng trục và hướng tâm (**Hình 2**). Độ hở này được gọi là **khe hở ổ trục**. Độ hở hướng tâm bị giảm khi lắp ráp ổ lại vì lắp ghép với độ dôi qua giãn nở nhiệt của các cấu kiện trong quá trình vận hành. Độ hở còn lại trong điều kiện vận hành được gọi là độ hở vận hành. Độ hở vận hành càng nhỏ, thì dẫn hướng qua các ổ trục càng chính xác hơn. Dẫn hướng chính xác của trục chính một máy công cụ đạt được bằng cách các ổ trục như thế được thực hiện với ứng suất ban đầu, có nghĩa là với độ hở vận hành âm. Ứng suất ban đầu đạt được qua dịch chuyển dọc trục của vòng với đai ốc điều chỉnh hoặc bằng cách chèn vòng đệm (**Hình 3**). Đối với ổ lăn có lỗ khoan côn và đuối kẹp, điều chỉnh độ hở ổ lăn bằng cách siết chặt một đai ốc kẹp.



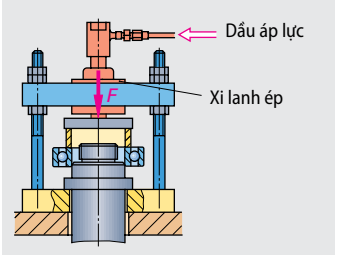
Hình 3: **Ổ trục với ứng suất ban đầu**

Các chú ý đặc biệt khi lắp ráp ổ lăn:

- Ổ lăn rất nhạy cảm với ô nhiễm và ăn mòn. Do đó khi lắp ráp phải chú ý rất nhiều về sự sạch sẽ. Các ổ lăn phải luôn luôn được bảo quản trong bao bì gốc của chúng. Dầu chống ăn mòn dính vào ổ trục, cho đến khi lắp ráp mới được chùi đi nếu cần thiết.
- Khi lắp ráp một ổ trục điều được chú ý trên hết là lực ép vào không được truyền qua các con lăn (**Hình 4**). Các ống lắp ráp vì thế phải luôn được đặt vào vòng ổ lăn với lắp ghép chặt.
- Với máy ép cơ khí hoặc thủy lực, ổ lăn có thể được lắp một cách nhanh chóng và chắc chắn (**Hình 5**).



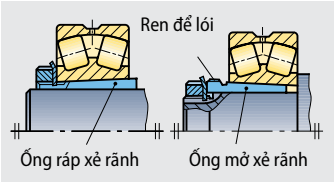
Hình 4: **Lắp ráp với ống lót ép**



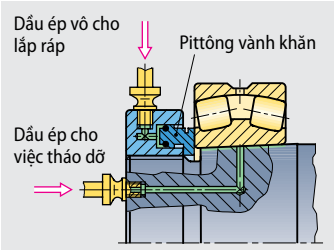
Hình 5: **Lắp ráp với máy ép thủy lực**

Các khả năng lắp ráp khác cho ổ lăn

- Trong các ổ lớn hơn, lực ép cũng lớn hơn. Vì thế trước khi lắp ráp chúng được nung nóng trong bồn dầu hoặc với một thiết bị sưởi làm nóng từ 80°C đến 100°C.
- Ổ trục với lỗ côn được gắn chặt với cổ trục côn của trục máy hoặc với một **ống siết xẻ rãnh** trên trục hình trụ (**Hình 1**).
- Ổ lăn lớn với lỗ côn có thể được lắp ráp bằng phương pháp thủy lực (**Hình 2**). Trong trường hợp này, dầu bị ép giữa hai bề mặt lắp ghép. Qua đó các vòng trong sẽ nở ra một chút. Sau đó, các ổ được đẩy ra bằng tay hoặc với pittông ép hình vành khăn trên đầu trục.



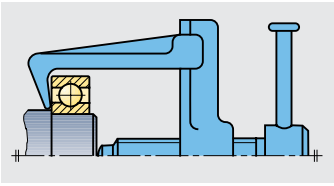
Hình 1: **Siết ống ráp và ống mở xẻ rãnh (Ống kẹp chặt và ống lót rút tháo được)**



Hình 2: **Phương pháp thủy lực**

■ Tháo các ổ lăn

Để tháo những ổ lăn thì các loại **cảo** thích hợp được sử dụng. Điều lưu ý là, các lực tháo không được truyền qua các con lăn (**Hình 3**). Ổ lăn gắn trên **ống xiết kéo** có thể dễ dàng tháo ra bằng cách xiết chặt đai ốc nén (Hình 1). Với **phương pháp thủy lực**, ổ lăn cố định lớn có thể được tháo ra (Hình 2).



Hình 3: **Tháo ổ lăn**

■ Bôi trơn ổ lăn

Trong ổ lăn, dung dịch bôi trơn hình thành một lớp tách biệt giữa các con lăn và các vòng của ổ. Ngoài ra, dung dịch bôi trơn còn bảo vệ ổ trước sự ăn mòn và ngăn ngừa sự xâm nhập của chất bẩn khi bôi trơn bằng mỡ.

Để bôi trơn ổ lăn, chỉ được sử dụng chất bôi trơn do các nhà sản xuất đề nghị.

Mỡ bôi trơn. Vì khả năng bôi trơn thêm đơn giản và bít kín tốt nên đa số ổ lăn được bôi trơn với mỡ, do đó một nửa của khoang trống chứa đầy những mỡ. Ổ lăn với vòng kín đã nhận đầy mỡ từ nhà sản xuất, đủ cho tuổi thọ của ổ.

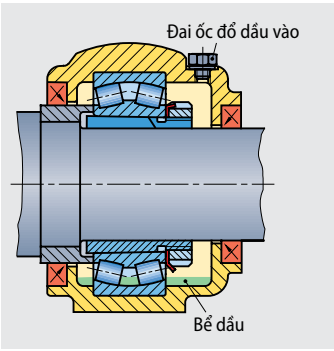
Dầu bôi trơn. Dầu bôi trơn chỉ được sử dụng cho ổ lăn, khi nhiệt ma sát được chuyển đi vì tốc độ cao, hoặc vì các chi tiết máy lân cận, thí dụ như các bánh răng trong hộp số cũng được bôi trơn bằng dầu.

Tùy thuộc vào nguồn cung cấp dầu bôi trơn người ta phân biệt bôi trơn với bồn dầu, dầu bôi trơn tuần hoàn, phun sương dầu bôi trơn và bôi trơn dầu với không khí.

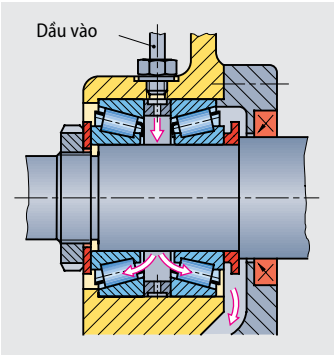
Trong **bôi trơn bồn dầu**, mỗi con lăn phía dưới chìm sâu tới phân nửa trong bồn dầu (**Hình 4**). Nhờ chuyển động quay nên tất cả các phần của ổ trục sẽ được cung cấp dầu đầy đủ.

Khi **bôi trơn tuần hoàn**, dầu bôi trơn được cung cấp bởi một máy bơm dầu cho ổ trục (**Hình 5**). Dầu tràn ra từ ổ trục chảy thông qua ống dẫn trở lại trong các bồn chứa dầu.

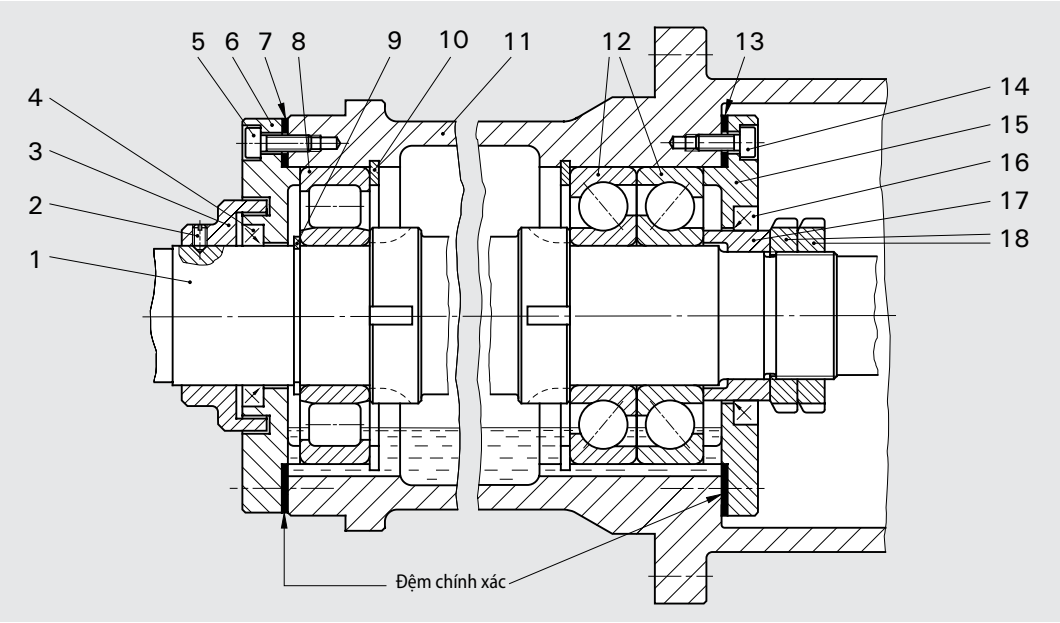
Đối với ổ lăn đặc biệt có tốc độ cao, **phun sương dầu bôi trơn** và **bôi trơn dầu với không khí** được sử dụng. Đối với phun sương dầu bôi trơn, dầu đang chảy liên tục được phun sương bằng khí nén và thổi đến điểm bôi trơn, trong bôi trơn dầu với không khí thì dầu được thổi trong những khoảng thời gian nhất định vào ổ trục.



Hình 4: **Bôi trơn bằng bể dầu**



Hình 5: **Bôi trơn tuần hoàn**



Hình 1: Ổ trục của trục máy bơm

Ôn tập và đào sâu

Câu hỏi từ 1 đến 16 liên quan đến ổ trục máy bơm **Hình 1**.

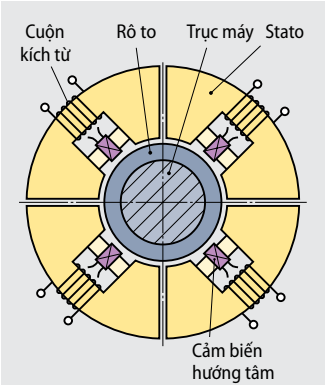
1. Những loại ổ lăn nào được sử dụng trong các ổ trục máy bơm?
2. Những loại ổ lăn nào được dùng như một ổ bi lắp lỏng?
3. Tại sao ổ bi lắp lỏng lại cần thiết cho ổ trục máy bơm?
4. Những loại bôi trơn nào được sử dụng?
5. Vì sao chi tiết ở vị trí 3 nhô ra khi tháo nắp ổ trục (6)?
6. Chi tiết 4 và 16 được tượng trưng bằng ký hiệu có nhiệm vụ gì?
7. Vòng ổ trục nào của chi tiết số 8 có tải chu vi, khi trục bơm (1) luôn luôn chịu tải có cùng hướng lực?
8. Làm thế nào đạt được không có độ hở giữa các chi tiết số 10, 12 và 15?
9. Bợ trục số 8 được lắp ráp như thế nào?
10. Các chi tiết của ổ trục được tháo ra theo thứ tự nào khi bợ trục (12) được thay thế?
11. Chốt ren (2) được dùng làm gì?
12. Tại sao trục bơm (1) trong phạm vi ống chêm khoảng cách (17) có đường kính nhỏ hơn trong phạm vi chi tiết số 12?
13. Yêu cầu nào phải được thực hiện trên bề mặt của trục bơm (1) trong phạm vi của chi tiết số 4?
14. Vì lý do nào mà các cổ trục của trục bơm (1) có rãnh, ở nơi có các chi tiết số 8 và 12?
15. Làm thế nào có thể lắp ráp dễ dàng hơn, khi vòng ổ lăn của chi tiết số 8 chịu tải chu vi?
16. Tại sao trong phạm vi dưới của vỏ bơm (11) có rãnh?
17. Những ưu và nhược điểm của ổ bi đối với bợ trục bạc trượt?
18. Tại sao một ổ bi tổ hợp (ổ lăn lai) ít nóng hơn một ổ bi thông thường khi chịu tải bằng nhau?
19. Tại sao ổ trục của ổ bi chịu tải chu vi, phải được ráp với ghép chặt?
20. Người ta hiểu nghĩa khe hở vận hành là gì trong ổ bi?
21. Tải điểm có nghĩa là gì?
22. Điểm nào cần lưu ý khi lắp ráp một ổ bi?
23. Việc ráp một ổ bi với lắp ghép chặt sẽ có tác động nào vào khe hở ổ trục?
24. Ổ bi có độ căng ban đầu được lắp ráp như thế nào?
25. Việc gì cần lưu ý khi tháo một ổ lăn?

5.6.2.3 Ổ trục từ (Ổ trục nam châm)

Trong ổ trục từ, lực điện từ định tâm (Trang 417) trục máy cần bợ. Các rô to bằng sắt từ tính quay với trục mà không thể chạm vào stato, bởi vì nó nằm "lơ lửng" trong từ trường của các cặp nam châm điện nằm đối đầu với nhau (**Hình 1**).

Cảm biến giám sát liên tục các vị trí trung tâm của rôto (Hình 1). Các tín hiệu đo lường của các cảm biến được xử lý trong một bộ phận đánh giá điện tử. Khi có sai lệch của các rô to đối với vị trí mong muốn thì dòng điện kích thích được thay đổi qua bộ khuếch đại công suất trong cuộn dây của nam châm điện và rô to được quay trở lại vị trí mong muốn (**Hình 2**).

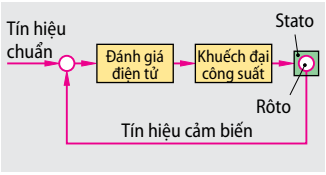
Ổ trục từ có thể được thực hiện dưới dạng trục hướng tâm và ổ trục dọc trục.



Hình 1: Bợ trục từ hướng tâm

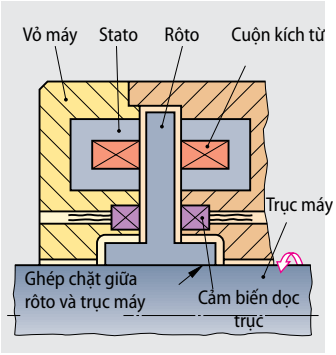
Ổ trục hướng tâm. Trong một ổ trục hướng tâm rôto gồm có một lõi sắt tấm dạng vòng. Phần cố định cũng bao gồm một lõi sắt tấm có chứa các cuộn kích từ (Hình 1).

Ổ đẩy dọc trục. Rô to hình đĩa của một ổ đẩy dọc trục được làm bằng thép khối đặc. Trong stato có hai vòng nam châm và các cảm biến dọc trục (**Hình 3**).



Hình 2: Mạch điều chỉnh của bợ trục từ

Để tránh rô to chạm nhau với stato, thí dụ trong trường hợp mất điện và do đó ngăn ngừa thiệt hại cho bề mặt của lõi sắt, các bạc đạn định vị được xây dựng theo hình thức ổ bi (**Hình 4**). Độ hở giữa các ổ định vị và các rô to nhỏ hơn độ hở ở trong ổ trục nam châm.

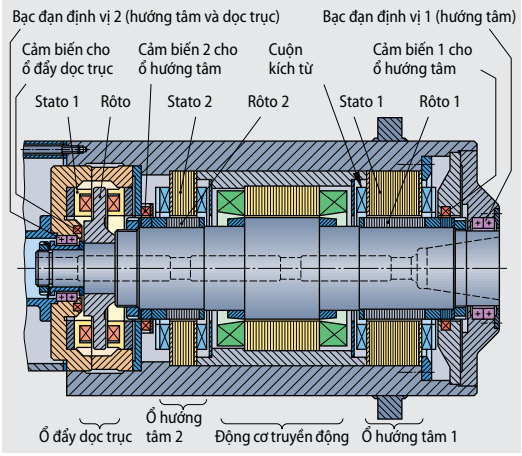


Hình 3: Bợ trục từ hướng trục

Ưu điểm của ổ từ đối với ổ bi và bợ trục bạc trượt			
	Ổ nam châm	Ổ lăn	Bợ trục bạc trượt
Ma sát	rất ít	ít	trung bình
Mài mòn	không	trung bình	lớn
Tiếng ồn khi chạy	không	trung bình	ít
Sự nóng lên	rất ít	ít	trung bình
Vận tốc ở chu vi	đến 200 m / s	đến 100 m / s	đến 50 m / s
Bôi trơn	Không có	mỡ hoặc dầu	dầu

Một ổ nam châm hoàn chỉnh bao gồm ít nhất hai ổ hướng tâm và các cảm biến hướng tâm có liên quan và một ổ dọc trục có tác dụng hai chiều với cảm biến dọc trục.

Thí dụ ứng dụng: Ổ trục rô to có tốc độ cao trong máy ly tâm, máy bơm, máy nén khí, tuabin và trục máy công cụ gia công với tốc độ cao, buồng chân không trong ngành công nghiệp bán dẫn, nơi không được phép sử dụng dung dịch bôi trơn. Thông thường việc truyền động của trục chính máy công cụ lót bằng ổ nam châm được thực hiện qua một động cơ không đồng bộ nằm trên trục chính (Hình 4).



Hình 4: Trục chính máy công cụ với ổ nam châm

Ôn tập và đào sâu

1. Ổ nam châm hoạt động như thế nào?
2. Nhiệm vụ của các bạc đạn định vị là gì?

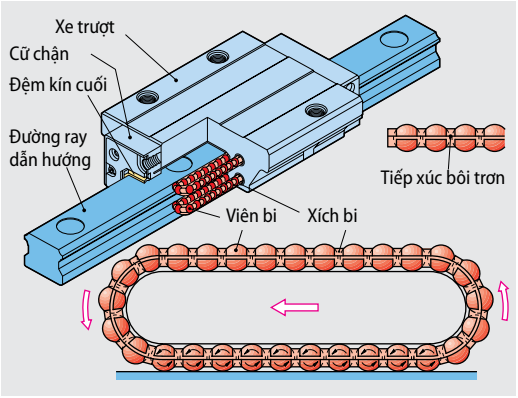
5.6.3 Bộ phận dẫn hướng

Bộ phận dẫn hướng tạo ra chuyển động thẳng của các bộ phận máy, thí dụ như băng trượt ở máy công cụ (**Hình 1**).

Đặc tính

Bộ phận dẫn hướng phải có các đặc điểm sau:

- Độ chính xác cao cho việc dẫn hướng với độ hở nhỏ và độ cứng vững cao
- Khả năng điều chỉnh độ hở dẫn hướng
- Ma sát thấp và ít mài mòn
- Tính chất làm giảm xóc tốt như có thể,
- Bảo dưỡng và khả năng bôi trơn đơn giản
- Đệm kín chống bụi bẩn và phoi bào



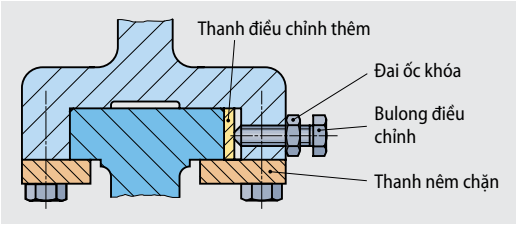
Hình 1: Dẫn hướng với đường ray

Dẫn hướng có thể được chia theo **dạng của quỹ đạo dẫn hướng**, theo **hướng của các lực truyền** thành dẫn hướng **mở** và **đóng** cũng như theo **loại ma sát** thành **dẫn hướng trượt** và **lăn**.

■ Các dạng dẫn hướng

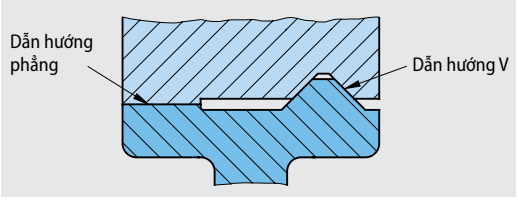
Theo dạng của quỹ đạo (đường) dẫn hướng, ta phân biệt ra dẫn hướng phẳng, dẫn hướng V, mộng đuôi én và dẫn hướng tròn. Để khai thác những lợi thế của một số dẫn hướng, có thể kết hợp lại các dạng khác nhau.

Dẫn hướng phẳng rất dễ sản xuất. Ở vài ứng dụng nhất định, chúng cần một thanh chỉnh thêm để có thể điều chỉnh độ hở và một thanh khóa nhằm ngăn cản việc bàn trượt bị nâng lên (**Hình 2**). Dẫn hướng phẳng chỉ có thể chịu lực vuông góc với mặt dẫn hướng.



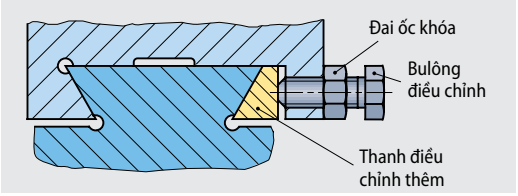
Hình 2: Dẫn hướng phẳng

Dẫn hướng V có thể cũng chịu được lực cắt ngang nhỏ vì có bề mặt nghiêng. Nếu bị mòn, nó tự điều chỉnh. Một thanh khóa ngăn cản việc nâng bàn dao lên. Dẫn hướng V thường được kết hợp với dẫn hướng phẳng (**Hình 3**).



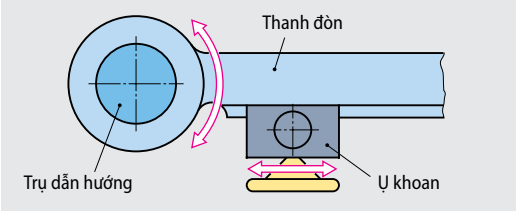
Hình 3: Phối hợp dẫn hướng V và phẳng

Mộng đuôi én ngăn chặn được việc bị nâng lên khỏi bàn do hình dạng của nó. Với một thanh chỉnh thêm người ta có thể điều chỉnh độ hở hoặc cân bằng độ mòn (**Hình 4**). Mộng đuôi én có bề cao thấp, nhưng chi phí sản xuất đắt.



Hình 4: Dẫn hướng đuôi én

Dẫn hướng tròn có thể sản xuất dễ dàng và chính xác (**Hình 5**). Chúng có thể được bảo đảm chống lại xoay tròn thí dụ như bằng rãnh hoặc bằng cách kết hợp với các bộ phận dẫn hướng khác.



Hình 5: Dẫn hướng tròn ở máy khoan đứng

Hệ thống Câu lạc bộ phần mềm lớn nhất Việt Nam

CÂU LẠC BỘ AUTOCAD:https://www.facebook.com/groups/1591463481165256
CÂU LẠC BỘ SOLIDWORKS:https://www.facebook.com/groups/477688802421308
CÂU LẠC BỘ NX: https://www.facebook.com/groups/1669604763304732
CÂU LẠC BỘ INVENTOR:https://www.facebook.com/groups/967091543406123
CÂU LẠC BỘ MASTERCAM:https://www.facebook.com/groups/357857981247179
CÂU LẠC BỘ CATIA: https://www.facebook.com/groups/228562540845870
CÂU LẠC BỘ CREO:https://www.facebook.com/groups/1627970117220070
Hội Lập Trình Viên Việt Nam :https://www.facebook.com/groups/1967416796880273
Cộng Đồng Hỏi Đáp Lập Trình C C++ C# JAVA PHP
PYTHON... https://www.facebook.com/groups/hocngonngulaptrinh/
CÂU LẠC BỘ IT: https://www.facebook.com/groups/668020220045017
TÀNG KINH SÁCH: https://www.facebook.com/groups/330210380784272
Câu Lạc Bộ Phần Mềm : https://www.facebook.com/243173442871817
Câu Lạc Bộ Đào Tạo Phần Mềm : https://www.facebook.com/1315339938541536
CÂU LẠC BỘ CIMATRON:https://www.facebook.com/groups/370536886678290
CÂU LẠC BỘ MATLAB MAPLE MATHEMATICA:https://www.facebook.com/groups/229790647380926
CÂU LẠC BỘ ANSYS:https://www.facebook.com/groups/248115705533684
CÂU LẠC BỘ ĐỒ HỌA:https://www.facebook.com/groups/1587980448179878
CÂU LẠC BỘ ALTIUM PROTEUS EPLAN ORCAD AUTOMATION
STUDIO:https://www.facebook.com/groups/1094824240581840
CÂU LẠC BỘ PLC TIA PORTAL WINCC:https://www.facebook.com/groups/791673107635100
CLB LẬP TRÌNH https://www.facebook.com/354642474989599
CLB CAD CAM KHUÔN https://www.facebook.com/140758746545386
Kỹ Thuật Cơ Khí https://www.facebook.com/1751222525171166
PHẦN MỀM 2D 3D https://www.facebook.com/1954099491487381
CLB CAD https://www.facebook.com/groups/clbcad/
CLB CAE https://www.facebook.com/groups/clbcae/
CLB CAM CNC https://www.facebook.com/groups/clbcam.cnc
CLB KHUÔN https://www.facebook.com/groups/clbkhuon/
CÂU LẠC BỘ 3DS MAX REVIT SKETCHUP https://www.facebook.com/groups/466416127085206
CÂU LẠC BỘ PHOTOSHOP https://www.facebook.com/groups/CAULACBOPHOTOSHOP/
CÂU LẠC BỘ AFTER AFFECT https://www.facebook.com/groups/CAULACBOAFFTER.AFFECT/
CÂU LẠC BỘ PLC https://www.facebook.com/groups/caulacboplc/
Unigraphics NX https://www.facebook.com/NX.CLUB.LVD/

Hệ thống trong ❤️ tôi

🌏 Cơ sở 1 - ĐH Bách khoa HN.

🌏 Cơ sở 2 - ĐH Công nghiệp HN.

Các bạn muốn học phần mềm gì thì Liên hệ: anh Lê Văn Đức (chủ nhiệm Câu lạc bộ phần mềm)

Sđt/Zalo : 0366 030 217 : Lê Văn Đức

Facebook/Skype : Levanduc Lvd

■ Dẫn hướng mở và đóng

Trong dẫn hướng **mở**, các bàn trượt chỉ chịu các lực theo hướng nhất định. Như thế ở đường dẫn kết hợp trong hình 3, trang 396, lực thẳng góc lớn, nhưng chỉ có lực ngang nhỏ.

Đường dẫn **đóng** cho phép truyền lực ở tất cả các hướng vuông góc với hướng chuyển động (Hình 1 và 5, trang 396, và **Hình 1**).

■ Dẫn hướng lăn và trượt

Dẫn hướng lăn có cùng ưu điểm và nhược điểm như ổ bi (Trang 390). Lực được truyền bằng bi hoặc con lăn, chúng quay tròn, thí dụ, giữa một đường ray dẫn hướng và một xe dẫn hướng (Hình 1). Do áp lực bề mặt cao nên đường ray và xe dẫn hướng, thí dụ được bắt ốc với băng trượt và băng máy của máy công cụ, được tôi cứng và mài bóng trong phạm vi di chuyển.

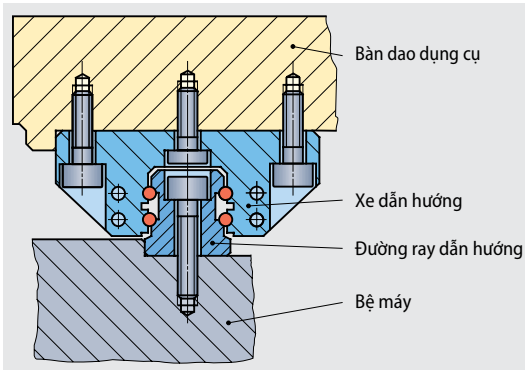
Trong dẫn hướng lăn với đoạn đường di chuyển dài, các con lăn chạy trở lại vị trí ban đầu của vùng tải sau khi rời khỏi vùng tải trong một đường dẫn trở về (**Hình 2**). Đối với dẫn hướng lăn có đường ray tròn đã được thể hiện bằng đuối bi. Những dẫn hướng tròn này cho phép bên cạnh chuyển động thẳng còn có chuyển động quay. Dẫn hướng bằng bi không xoay được có trục với những đường rãnh chạy (**Hình 3**).

Trong dẫn hướng với con lăn, thí dụ như dẫn hướng thép tròn mài nhẵn gắn trong đường ray chịu bằng nhôm. Các trục thép dẫn xe chạy, các con lăn của xe lăn sát (không độ hở) trên trục thép (**Hình 4**).

Bên cạnh đường dẫn cho các chuyển động thẳng, đường ray chịu tải có những dạng đường cung, bán nguyệt và hình tròn, cũng được sử dụng thí dụ như cho các thiết bị lắp ráp, vận chuyển.

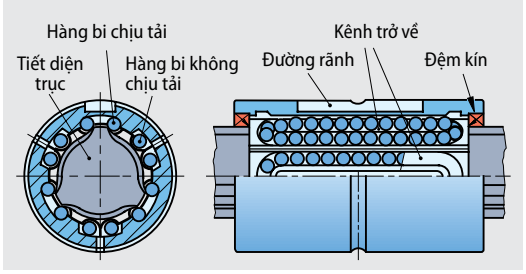
Dẫn hướng trượt được bôi trơn như bợ trục bạc trượt (Trang 387). Bởi vì tốc độ trượt thấp thường xuất hiện ma sát hỗn hợp trong đường dẫn được bôi trơn bằng thủy động lực. Máy công cụ vì thế thường có đường dẫn bọc nhựa, chúng có các tính chất trượt tốt và chống giảm xóc và chi phí sản xuất thấp hơn (**Hình 1, trang 398**). Ngoài ra, hệ số ma sát tĩnh cũng nhỏ như hệ số ma sát trượt. Nhờ vậy phần lớn tránh được hiệu ứng bị giật xóc khi trượt. Lớp nhựa bọc ngoài cho các đường dẫn này thường được dán lên những bộ phận dẫn hướng được gia công sẵn.

> Dẫn hướng lăn và trượt được sử dụng chủ yếu trong ngành cơ khí và thiết bị xử lý để dẫn hướng chính xác bàn trượt.

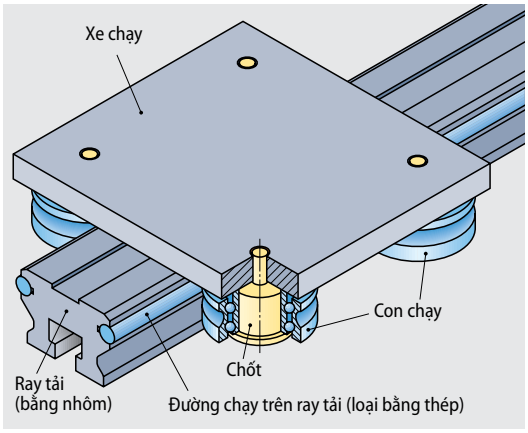


Hình 1: **Bộ phận dẫn hướng lăn được lắp ráp**

Hình 2: **Đường dẫn trở về của con lăn**



Hình 3: **Dẫn hướng bằng bi, không xoay được** (**cố định**)



Hình 4: **Dẫn hướng bằng con lăn**

Đối với dẫn hướng trượt với bôi trơn **thủy tĩnh** thì dầu áp lực được bơm bằng máy bơm đến nhiều túi được sắp xếp, thí dụ trên băng máy (bàn trượt). Dầu tràn ra từ các khe túi, do đó bàn dao nổi trên dầu (**Hình 2**). Ma sát giữa băng máy và đường dẫn được giới hạn bởi ma sát chất lỏng rất ít trong dầu bôi trơn.

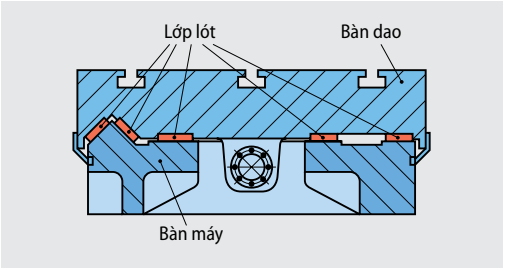
Nếu áp suất dầu không có, thì băng máy nằm trên bìa túi. Khi mở máy thì máy bơm dầu bơm dầu liên tục, phân phối đều nhau đến từng túi một bằng bộ điều khiển. Nhờ vậy, áp lực dầu trong túi tăng nhanh đến mức bàn trượt được nâng cao lên 0.025mm từ mép túi. Bàn trượt bây giờ có thể được di chuyển gần như không có ma sát trên đường dẫn.

Để dẫn hướng có thể chịu tải cũng như các lực gia công lớn khác nhau mà không thay đổi vị trí thẳng đứng của băng máy với đường dẫn và qua đó bề rộng khe thay đổi, áp suất trong mỗi túi phải được phù hợp với tải. Thí dụ, khi tải trọng lớn hơn bề rộng của túi nhỏ đi, vì vậy áp suất tăng lên trong túi này. Bộ điều khiển chỉnh lại bằng cách bơm thêm một số lượng lớn dầu vào trong túi, để phục hồi lại đúng bề rộng khe.

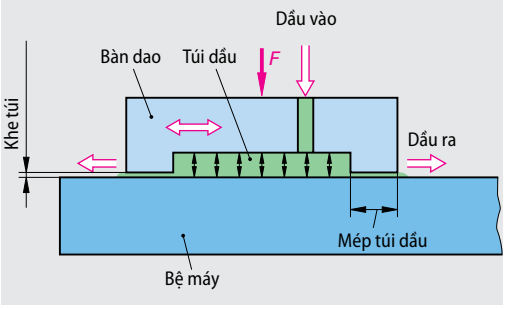
Bởi vì một chiếc túi chỉ có thể chịu và truyền các lực thẳng góc với bề mặt của nó, nên các túi phải được sắp xếp sao cho có thể chịu được các lực từ các hướng khác nhau (**Hình 3**).

Trong dẫn hướng trượt **khí tĩnh học,** khí nén được sử dụng thay cho dầu, ma sát thậm chí còn thấp hơn so với dẫn hướng trượt thủy tĩnh lực.

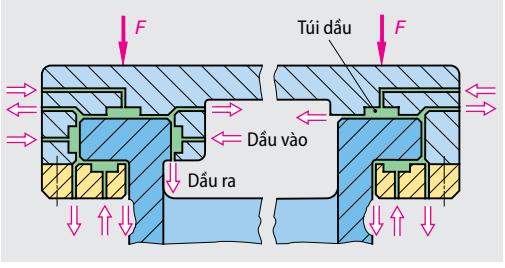
Trong dẫn hướng trượt thủy tĩnh và khí tĩnh ta tránh được hiệu ứng dính trượt.



Hình 1: **Đường dẫn tráng nhựa ở băng máy**



Hình 2: **Nguyên tắc dẫn hướng thủy tĩnh**



Hình 3: **Dẫn hướng thủy tĩnh ở băng máy**

Ôn tập và đào sâu

1. Dẫn hướng có những đặc tính gì?
2. Dẫn hướng nào được phân biệt theo dạng của nó?
3. Chuyển động nào có thể thực hiện với dẫn hướng tròn?
4. Dẫn hướng đóng nghĩa là gì?
5. Dẫn hướng mở có bất lợi gì?
6. Tại sao hay xảy ra ma sát hỗn hợp trong dẫn hướng với bôi trơn thủy động?
7. Tại sao dính trượt (hiệu ứng dính trượt) không được mong muốn cho việc bôi trơn dẫn hướng?
8. Trong dẫn hướng nào thì dính trượt nên tránh?
9. Làm thế nào để dẫn hướng lăn cho khoảng cách đi lại không bị hạn chế?
10. Tại sao ma sát trong dẫn hướng trượt khí tĩnh lực thấp hơn so với thủy tĩnh lực?
11. Túi nào trong hình 3 được đòi hỏi phải giữ băng máy ở vị trí đúng khi chịu lực F?
12. Tại sao các băng máy trong hình 3 ở cùng một độ cao ngay cả khi lực *F* lớn hơn?
13. Những túi nào trong hình 3 được cần đến để giữ cho các bàn dao ở vị trí của nó khi lực gia công không thẳng đứng?
14. Dẫn hướng trượt khí tĩnh lực hoạt động như thế nào?

5.6.4 Đệm kín (Phớt)

■ Nhiệm vụ

Miếng đệm kín cần phải ngăn chặn hay giảm bớt sự rò rỉ hoặc sự xâm nhập của chất lỏng, khí hoặc chất rắn vào những chỗ tách ra của các bộ phận máy, thí dụ như bụi, (**Hình 1**).

Hình 1: **Đệm kín ti pittông của một xi lanh thủy lực**

■ Các loại đệm kín

Người ta phân biệt đệm kín tĩnh và đệm kín di chuyển (đệm kín động, **Bảng 1**).

Đệm kín cố định (tĩnh)

Đệm kín tĩnh bít kín giữa các bộ phận máy, chúng không di chuyển tương đối với nhau.

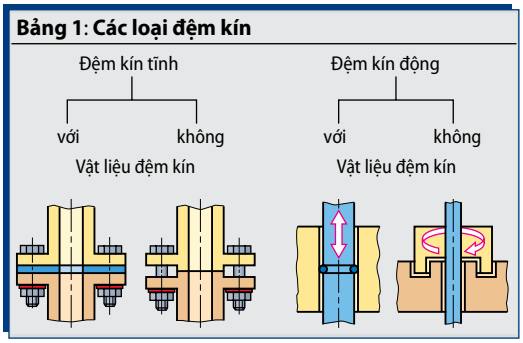
> Đệm kín bị biến dạng đàn hồi hoặc biến dạng dẻo khi lắp ráp.

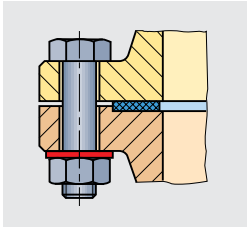
Vòng đệm phẳng. Vòng đệm phẳng có diện tích bề mặt rộng (**Hình 2**). Nếu có yêu cầu áp lực cao, người ta sử dụng các miếng đệm với lớp kim loại hoặc vỏ kim loại gấp mép.

Vật liệu đệm kín lỏng. Vật liệu đệm kín lỏng phủ đầy hoàn toàn khoảng gồ ghề của bề mặt đệm kín và cứng lại sau khi ứng dụng (**Hình 3**).

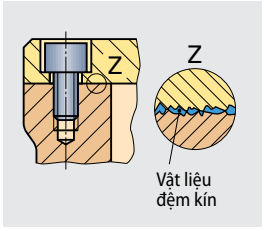
Vành đệm có biên dạng (**prôfin**). Thường các vòng đệm được sử dụng là vòng đệm tròn (thường gọi là vòng O). Trong kết nối với vòng đệm, các vòng O cao su đàn hồi như là chi tiết chịu lực căng trước để bít kín pittông và ti pittông được sử dụng trong các xi lanh thủy lực (**Hình 4**).

Bảng 1: **Các loại đệm kín**





Hình 2: **Vòng đệm phẳng**



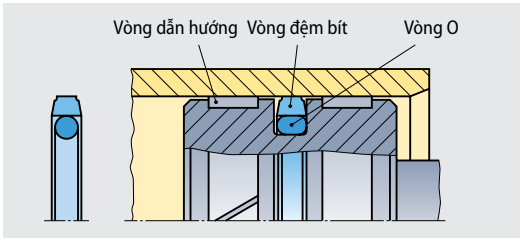
Hình 3: **Đệm kín lỏng**

Đệm kín di chuyển (động)

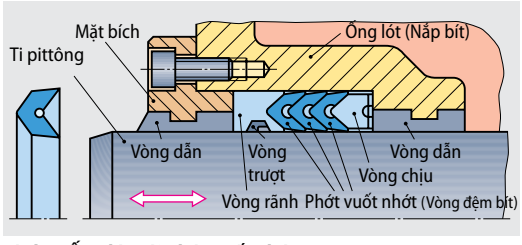
Đệm kín di chuyển bít kín giữa các bộ phận di chuyển đối với nhau. Vì sự bít kín không bao giờ hoàn hảo, luôn luôn xảy ra rò rỉ nhỏ. Người ta phân biệt đệm kín tiếp xúc và không tiếp xúc.

Đệm kín mài. Đệm kín mài được ép vào một chi tiết chuyển động. Để giữ cho ma sát được nhỏ, bề mặt được yêu cầu phải trơn nhẵn và cứng. Các tạp chất và sự bôi trơn không đầy đủ hoặc thiếu sót của bề mặt trượt gây ra nhiều hao mòn ở chỗ chuyển động và bít kín. Đệm kín mài phải được bít kín tĩnh cùng một lúc.

Phớt vuốt nhớt được sử dụng thí dụ như đệm kín ti pittông trong máy ép thủy lực. Vòng đệm bít lắp đặt trước vòng rãnh là vành tì làm giảm áp lực. Vòng trượt được cài đặt trong vòng rãnh đảm bảo hệ thống vận hành trôi chảy. Qua vòng hỗ trợ, tải ban đầu được tạo ra trong phần tử bít kín (**Hình 5**).



Hình 4: **Đệm kín pittông**



Hình 5: **Ống lót với phớt vuốt nhớt**

Vòng đệm rãnh được sử dụng chủ yếu như một đệm kín của ti pittông trong xi lanh thủy lực. Các hiệu ứng bít kín hình thành bởi tải riêng ban đầu và do nén các môi kín trong khi lắp đặt. Vòng đệm rãnh bít kín động đối với thanh chuyền, tĩnh đối với vỏ máy (**Hình 1**).

Đệm gạt được cài đặt trong các xi lanh thủy lực để gạt bụi bẩn và phoi sắt từ ti pittông chạy vào (Hình 1).

Vòng kín trục hướng tâm là vành tì với một dạng môi đặc biệt (**Hình 2**). Chúng được sử dụng cho các đệm kín của trục ở áp suất thấp. Cạnh kín và môi đệm kín ngăn chặn sự thoát ra của dầu bôi trơn. Nếu cần thiết, vòng kín trục hướng tâm có một môi bảo vệ bổ sung để ngăn chặn sự xâm nhập của bụi bẩn.

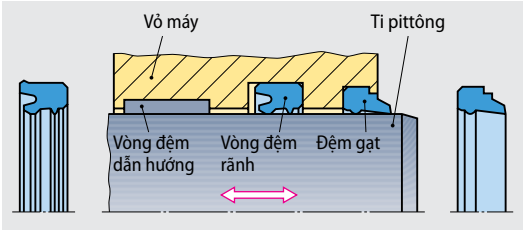
Đệm kín vòng trượt được sử dụng bịt kín với áp suất từ trung bình đến cao trong trục máy (**Hình 3**). Chúng bao gồm hai vòng mài phẳng ít bào mòn thí dụ như nhựa, đồ gốm, kim loại cứng hoặc than chì. Một vòng trượt quay tròn với trục, trong khi vòng đối lại dựa vững chắc ở vỏ máy. Qua lò xo các vòng trượt được ép với nhau.

Đệm kín không tiếp xúc. Đệm kín không tiếp xúc bịt kín thông qua một khe hẹp, từ đó có thể được cấu thành giống như dạng đệm kín khuất khúc. Ở vỏ máy không phân chia, những đệm kín khuất khúc được sắp xếp theo chiều dọc trục (**Hình 4**). Ở vỏ máy phân chia, chúng được sắp xếp theo hướng tâm (**Hình 5**). Đệm kín khe này thường được sử dụng trong ổ trục bôi trơn dầu mỡ. Các hiệu ứng bịt kín được coi là lớn hơn nếu những khoảng trống được lấp đầy với các chất mỡ (Hình 5).

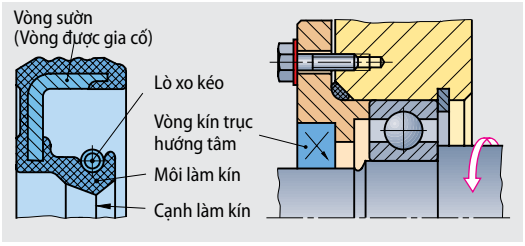
Đệm kín tĩnh bịt kín giữa các bộ phận không chuyển động, đệm kín động bịt kín giữa các bộ phận di chuyển với nhau.

■ Vật liệu cho đệm kín

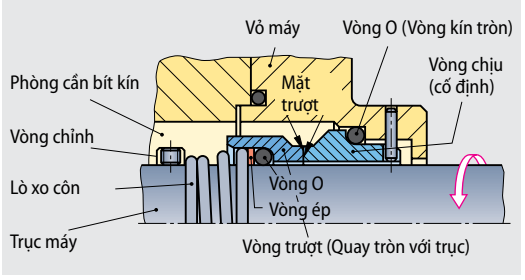
Tùy thuộc vào yêu cầu, vật liệu đệm kín phải định hình được qua biến dạng hay đàn hồi, có độ bền hóa học, bền nhiệt và chống lão hóa, chống mài mòn và có ma sát thấp. Tùy theo yêu cầu người ta sử dụng các vật liệu bít kín như **than chì**, **nhựa** (thí dụ như polytetrafluorethylene), **kim loại** (thép mềm, đồng, chì) và **bột nhão bít kín** từ loại nhựa đàn hồi vĩnh viễn.



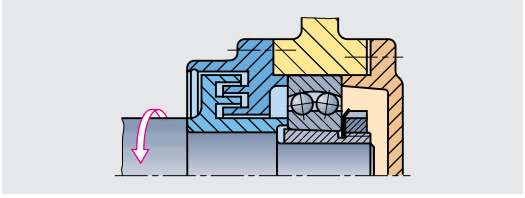
Hình 1: **Vành đệm rãnh và vòng đệm gạt**



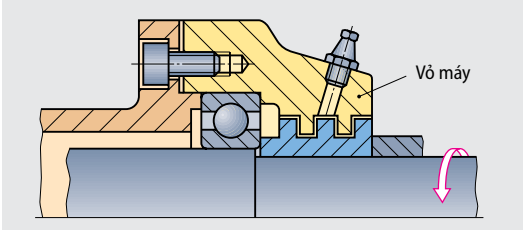
Hình 2: **Vòng kín trục hướng tâm**



Hình 3: **Đệm vòng trượt**



Hình 4: **Đệm kín khuất khúc để bịt kín bạc đạn nhào**



Hình 5: **Đệm kín khuất khúc hướng tâm để bịt kín ổ bi rãnh**

Ôn tập và đào sâu

1. Người ta phân biệt các loại đệm kín nào?
2. Bằng cách nào đạt được hiệu ứng bịt kín ở đệm kín tĩnh?
3. Vòng đệm trục - hướng tâm được sử dụng để làm gì?
4. Đệm kín khuất khúc làm kín như thế nào?

5.6.5 Lò xo

Lò xo biến dạng đàn hồi khi chịu tải (**Hình 1**). Công (năng lượng) làm biến dạng được lưu trữ vào lò xo và trả lại khi xả tải.

Hình 1: Lò xo không khí trong máy dệt vải

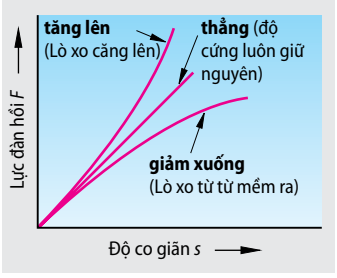
■ Nhiệm vụ

Lò xo được sử dụng cho hấp thụ va đập và rung động (đàn hồi cho các loại xe, lò xo cao su trong bộ ly hợp), ép các bộ phận máy lên nhau (Lò xo ly hợp), để lưu trữ năng lượng siết (Bộ phận kéo theo) và thu hồi những chi tiết máy (Xi lanh khí nén tác động đơn giản).

■ Đặc tính

Lực cần thiết để làm biến dạng một lò xo lớn hơn khi đoạn đường co giãn của lò xo ngày càng tăng. Sự phụ thuộc của lực vào độ co giãn được thể hiện bởi các biểu đồ. Đường đặc trưng của lò xo được sử dụng để đánh giá tính chất đàn hồi. Nó có thể là đường thẳng, tăng lên hoặc giảm xuống (**Hình 2**).

Đường biểu diễn lò xo chạy cong lên bắt buộc lực càng lớn cho sự biến dạng của lò xo.



Hình 2: Biểu đồ của lò xo

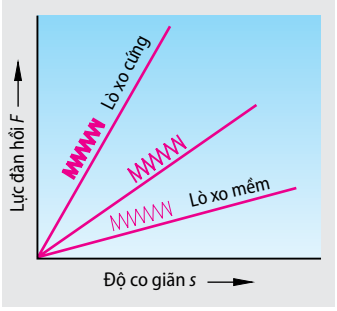
Đối với các đường biểu diễn thẳng thì độ co giãn tăng gấp đôi khi lực tăng gấp đôi. Những lò xo có độ co giãn lớn với lực thay đổi nhỏ được gọi là "mềm", những lò xo có độ co giãn nhỏ với lực thay đổi lớn được gọi là "cứng" (**Hình 3**).

Tỷ lệ của lực đàn hồi F đối với độ co giãn được gọi là độ võng lò xo R.

Độ cứng $R = F / s$

Thí dụ: Lực F cần lớn bao nhiêu để một lò xo nén có độ cứng $R = 60$ N/mm và độ co giãn s = 3 mm?

Lời giải: $F = R \cdot s = 60$ N/mm $\cdot$ 3 mm = **180 N**



Hình 3: Độ cứng và biểu đồ lò xo

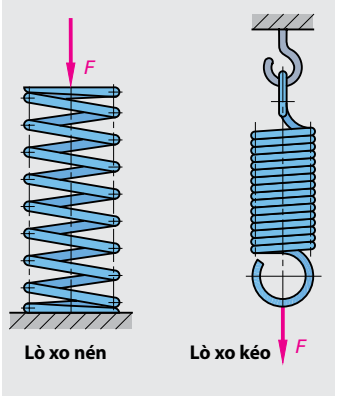
■ Các loại lò xo

Lò xo được phân chia theo các **loại tải** như lò xo nén, lò xo kéo, lò xo uốn cong và lò xo xoắn. Phân biệt theo **hình dạng bên ngoài**, thí dụ như lò xo xoắn ốc trụ, lò xo vặn, lò xo đĩa, lò xo vòng, lò xo cao su và lò xo khí nén.

Lò xo xoắn ốc trụ thường được làm bằng dây thép đàn hồi, tiết diện tròn, cuộn thành vòng và được sử dụng như lò xo kéo và nén (**Hình 4**). Chúng có các đường biểu diễn thẳng và đặc biệt thích hợp cho độ co giãn lớn.

Lò xo vặn xoắn ốc là cuộn dây có hình trụ chịu tải theo chiều của vòng cuộn (**Hình 1, trang 402**). Chúng được sử dụng thí dụ như lò xo bật lại của chốt cửa.

Lò xo xoắn khối trụ thường có mặt cắt tròn. Khi bị lực tác động thì mặt cắt lò xo đàn hồi, nằm kẹp giữa các phần nằm trong ngàm bị vặn xoắn đàn hồi (**Hình 2, trang 402**). Lò xo này được sử dụng, thí dụ, tính đàn hồi cho xe có động cơ và để đo mômen xoắn bằng chìa khóa mômen.



Hình 4: Lò xo xoắn ốc trụ

Lò xo đĩa là lò xo nén từ vòng đệm hình nón, chịu tải nén theo hướng trục (**Hình 3**).

Lò xo đĩa phù hợp với các lực đàn hồi lớn với độ co giãn nhỏ.

Lò xo đĩa được xếp cùng chiều hoặc thay đổi xen kẽ thành tầng của chồng lò xo. Trong tầng cùng chiều thì lực đàn hồi được tăng lên, trong tầng xen kẽ thì độ co giãn được tăng lên. Các lò xo đĩa được sử dụng, chẳng hạn như trong chế tạo dụng cụ, chế tạo máy và chế tạo gá lắp.

Lò xo đĩa dạng vít có thể thay thế đĩa lò xo được xếp thành cột. Một lò xo dĩa dạng vít bao gồm hai lò xo nén giống nhau, siết lồng vào nhau, có mặt cắt giống lò xo đĩa và được làm bằng thép lò xo tấm (**Hình 4**). Lò xo đĩa dạng vít được sử dụng, thí dụ, để tạo ra lực kẹp trong các hệ thống kẹp của dao phay.

Lò xo vòng được làm bằng vòng thép đóng kín tiếp xúc với nhau ở mặt côn của chúng (**Hình 5**). Nó chịu một lực tác động theo hướng trục, các vòng ngoài được mở rộng đàn hồi, vòng trong bị nén đàn hồi.

Lò xo vòng có thể được tác động cho đến khi các bề mặt phẳng vòng trong cao hơn một chút chạm vào nhau và hình thành một khối (**Hình 5**). Do ma sát ở các bề mặt hình côn nên đạt được một giảm xóc tốt. Lò xo vòng được sử dụng, thí dụ, để đệm thép cán trong các nhà máy cán thép và bộ phận đệm giảm chấn cho các toa xe lửa.

Lò xo cao su chủ yếu được sử dụng cho giảm rung và những cú sốc thí dụ như trong bộ ly hợp. Thành phần cao su này được gia cố vòng chắn trong quá trình lưu hóa hoặc dán trong ống bằng kim loại hoặc giữa tấm kim loại có thể chịu tải cắt và nén (**Hình 6**).

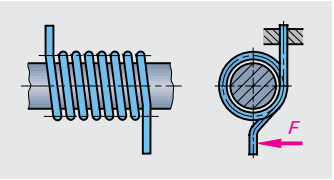
Lò xo khí nén được sử dụng, thí dụ đàn hồi cho xe động cơ. Chúng có không khí hoặc khí khác làm phần tử đàn hồi. Lực đàn hồi này sẽ tác dụng qua một pittông chuyển động với khí bị bọc quanh trong một xi lanh. Lò xo khí nén có đường biểu diễn cong lên và thường kết hợp với giảm chấn thủy lực (bộ giảm chấn).

■ Vật liệu lò xo

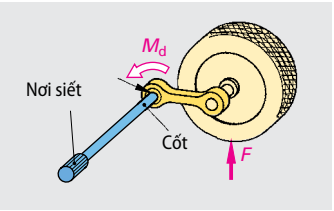
Đối với việc sản xuất các lò xo, người ta sử dụng thép lò xo là chủ yếu, độ bền và độ đàn hồi tăng cao bằng cách tôi, ram hoặc rèn nguội (kéo). Dây được xử lý nhiệt hoặc trước khi sản xuất các lò xo hoặc sau khi sản xuất các lò xo như lò xo đĩa và lò xo vặn. Thép lò xo là thép thường hoặc với thép hợp kim với silicon và crôm.

Ôn tập và đào sâu

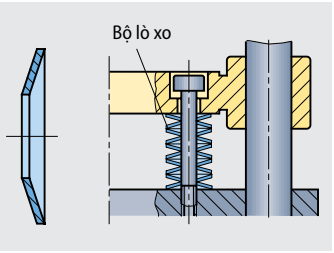
1. Lò xo được sử dụng vào mục đích gì?
2. Độ cứng của lò xo nén lớn bao nhiêu khi một lực cần thiết là 400 N, để nén lò xo một đoạn là 5,5 mm?
3. Các loại lò xo được phân loại như thế nào?
4. Độ co giãn được tăng lên như thế nào ở các lò xo đĩa khi không thay đổi lực đàn hồi?
5. Tính đàn hồi của lò xo vòng hoạt động như thế nào?



Hình 1: Lò xo vặn xoắn ốc

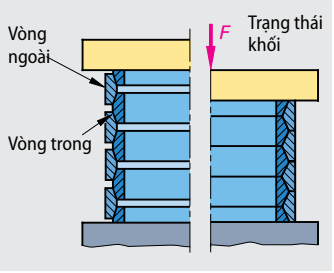


Hình 2: Thanh lò xo vặn

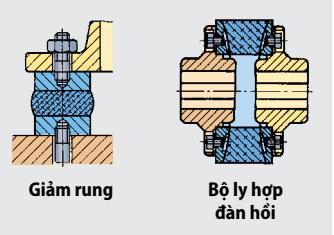


Hình 3: Lò xo đĩa

Hình 4: Lò xo đĩa dạng vít



Hình 5: Lò xo vòng



Hình 6: Lò xo cao su

5.7 Đơn vị chức năng để truyền năng lượng

5.7.1 Trục và láp (cốt trục)

Trục truyền chuyển động quay và mômen xoắn, và do đó tải năng lượng. Ngược lại láp (cốt trục) được dùng để tiếp nhận các chi tiết quay. Nó không truyền tải năng lượng.

■ Trục

Trục được truyền động trực tiếp từ động cơ và bộ ly hợp hoặc qua các bánh răng, dây xích và dây đai.

Tải, thiết kế, bợ trục

Tải. Trục chịu tải qua những lực xuất hiện khi bị uốn và qua mômen xoắn (**Hình 1**).

Thiết kế. Các **đường kính** của trục phải đủ lớn để không vượt quá ứng suất giới hạn cho phép của uốn và xoắn. **Sự phân bậc đường kính** phụ thuộc vào đường kính bên trong của các thành phần liên quan (bộ ly hợp, vòng bít, vòng bi, bánh răng) và cách làm thế nào để các thành phần này được lắp ghép với nhau sau đó.

Nơi **chuyển tiếp giữa hai đường kính** xuất hiện hiệu ứng rãnh khía. Điều này làm giảm độ bền mỏi của trục. Độ bền mỏi có thể được giảm bằng cách bo tròn nơi chuyển tiếp hoặc bằng cách chích rãnh thoát đã được chuẩn hóa vào vai trục (**Hình 2**).

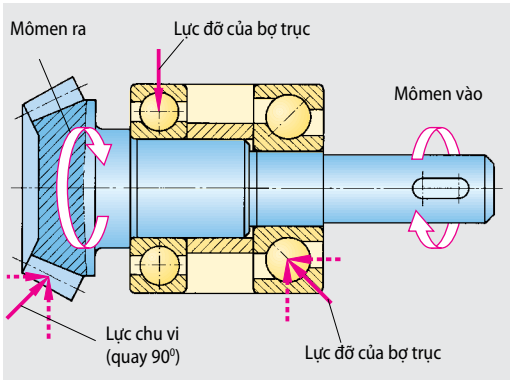
Bợ trục. Trục máy thường được đỡ trong hai bợ trục. Những trục này truyền các lực hướng tâm và hướng trục lên vỏ máy. Trục rất dài, thon nhỏ cũng như trục khuỷu và trục cam của động cơ đốt trong phải được đỡ trên ít nhất là hai bợ trục để tránh bị cong và rung.

Các loại trục

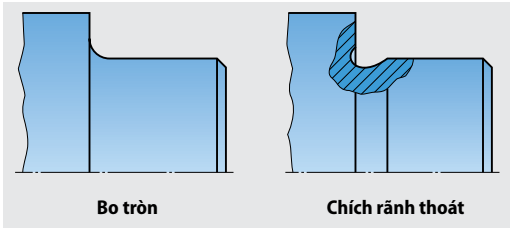
Trục máy có thể được phân loại theo chức năng của chúng thành trục truyền động và trục truyền động bánh răng, trục chính, trục Các đăng (Cardan) cũng như trục khuỷu và trục cam.

Trục truyền động. Trục truyền động tiếp tục truyền mômen xoắn tới trục khác, máy móc hoặc dụng cụ. Thí dụ như trong **Hình 3,** trục máy cưa được quay bởi các puli truyền mômen xoắn vào lưỡi cưa.

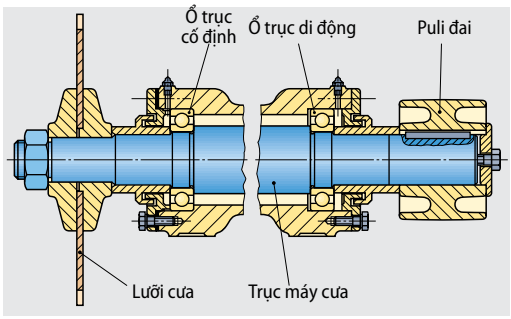
Trục truyền động bánh răng (**Trục hộp số**) có nhiệm vụ thay đổi vòng quay với bánh răng (trang 403... 408). Trục hộp số (**Hình 4**) được truyền động qua mặt bích. Việc phát động được truyền ra bằng bánh răng trái Z_1 hoặc bánh răng phải Z_2. Hai bánh răng được luân phiên sang số chuyển đổi qua các ly hợp bánh răng (khớp nối bánh răng).



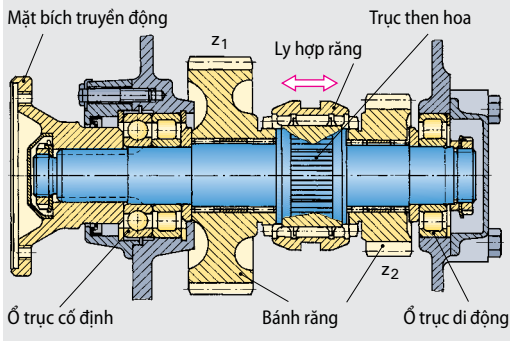
Hình 1: Ứng lực của trục



Hình 2: Chuyển tiếp đường kính ở trục



Hình 3: Trục máy cưa tròn



Hình 4: Trục truyền động bánh răng

Trục chính

Trục trong máy công cụ thực hiện các chuyển động cắt gọt và dẫn tiến thì được gọi là trục gia công (trục chính) (**Hình 1**). Thí dụ như máy tiện vạn năng ngoài trục chính để thu nhận bộ phận kẹp còn một trục vít me để cắt ren và trục trơn cho chuyển động tịnh tiến của bàn trượt xe dao. Trục chính với tốc độ cao phải được cân bằng rất cẩn thận.

Trục Các đăng (Cardan)

Giữa các cụm lắp ráp mà trục của chúng bị lệch theo chiều hướng tâm hay di chuyển lúc truyền tải năng lượng, sẽ được kết nối với nhau bằng trục Các đăng (Trang 406). Chúng được sử dụng chủ yếu trong tất cả các ôtô giữa động cơ và truyền động cốt trục cũng như ở máy kéo để truyền động cho thiết bị phụ trợ.

■ Cốt trục (Ắc)

Cốt trục được sử dụng để mang chi tiết máy quay hoặc dao động.

Các loại trục

Người ta phân biệt các cốt trục cố định và cốt trục quay. Cốt trục nhỏ cố định được gọi là trục bulông trơn.

Cốt trục cố định

Trong các cốt trục cố định phải được bảo đảm để không quay, chi tiết này được lắp với ổ lăn hay bợ trục bạc (**Hình 2**).

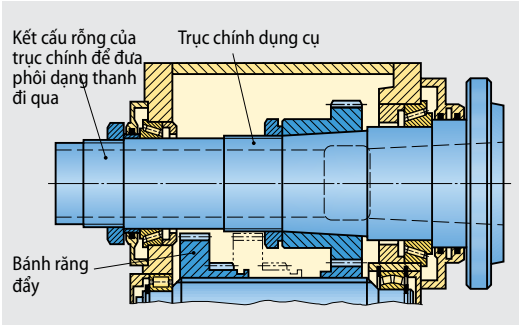
Trục bulông trơn kết nối một chi tiết cố định, chẳng hạn như bợ trục, với một chi tiết chuyển động, chẳng hạn như một bản lề (**Hình 3**). Khi có nguy cơ trục trơn và các chi tiết lúc chuyển động bị ăn mòn thì lắp ráp thêm bạc lót. Sau đó các chi tiết phải được đảm bảo, chỉ quay trong phạm vi bạc lót, thí dụ như qua lắp ghép chặt giữa trục trơn và bợ trục hoặc bằng cách siết kẹp chặt các trục trơn.

Cốt trục quay

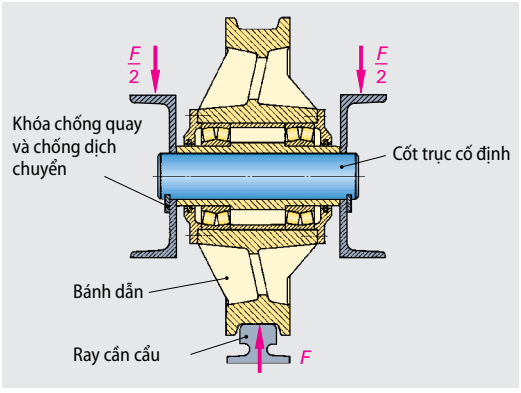
Khi cốt trục quay, cốt trục và bánh xe hình thành một đơn vị chắc chắn. Đơn vị này rất ổn định mặc dù ổ trục nằm cách xa nhau (**Hình 4**). Ngoài ra ta chỉ cần có chung hai ổ trục cho hai bánh xe. Các ổ trục được bôi trơn qua vỏ bợ trục cố định.

Ôn tập và đào sâu

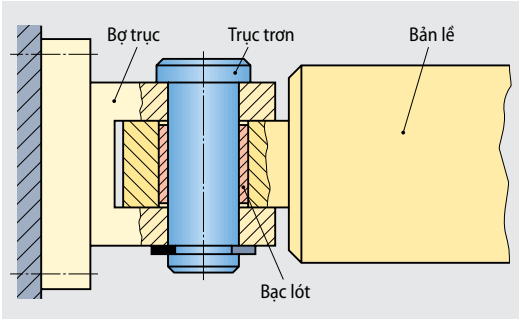
1. Làm thế nào để phân biệt trục và cốt trục?
2. Đường kính trục tùy thuộc vào đâu?
3. Tại sao trục phải được đỡ bởi ít nhất hai bợ trục?



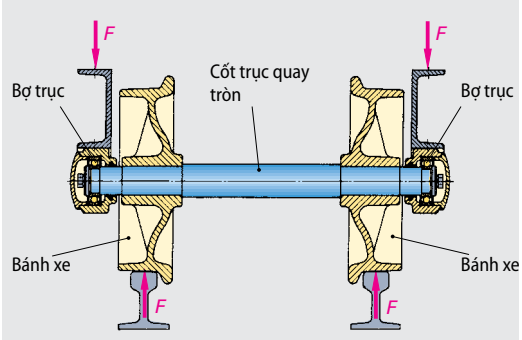
Hình 1: Trục chính của một máy tiện



Hình 2: Cốt trục cố định của bánh xe cần cẩu



Hình 3: Khớp nối với trục bulông trơn



Hình 4: Cốt trục quay tròn của một xe chạy trên ray (xe lửa)

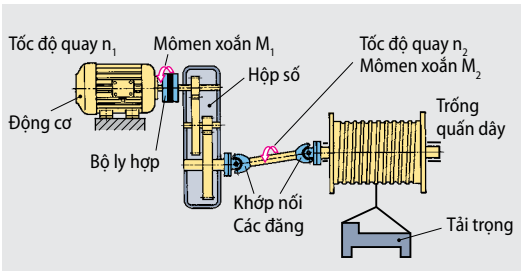
5.7.2 Bộ ly hợp

Bộ ly hợp được sử dụng để chuyển năng lượng giữa các trục máy. Chúng có thể thực hiện các nhiệm vụ khác nhau:

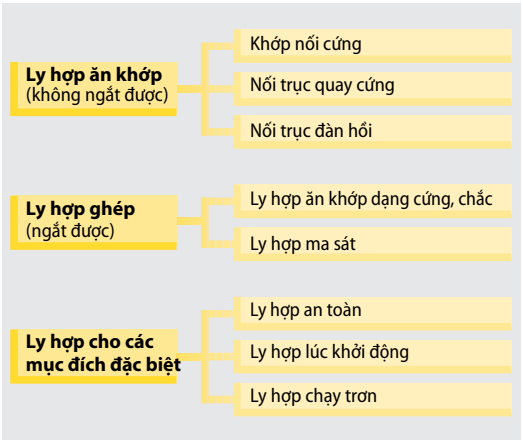
- Kết nối trục, thí dụ như trục động cơ với trục hộp số (**Hình 1**)
- Ngắt hoặc truyền mômen xoắn, thí dụ như bộ ly hợp xe hơi.
- Sang đổi tốc độ ở hộp số, chẳng hạn như hộp số trong các máy công cụ
- Bảo vệ chống quá tải, thí dụ trong trường hợp va chạm mạnh của các máy NC
- Giảm chấn va chạm, thí dụ, khớp nối trong các thiết bị chuyển tải
- Cân bằng sự lệch trục, thí dụ như khớp nối Các đăng (Hình 1)

Các loại ly hợp phụ thuộc chủ yếu vào các nhiệm vụ được đáp ứng. Độ lớn kết cấu của ly hợp phụ thuộc vào mômen xoắn được truyền đi.

Ly hợp có thể được phân loại thành ly hợp không ngắt được (ly hợp ăn khớp) và ly hợp ngắt được (ly hợp ghép) cũng như ly hợp cho mục đích đặc biệt (**Hình 2**).



Hình 1: Sử dụng ly hợp



Hình 2: Các loại ly hợp

5.7.2.1 Ly hợp không ngắt được

Đối với ly hợp ăn khớp, trục truyền động trong khi hoạt động không được tách khỏi trục bị động.

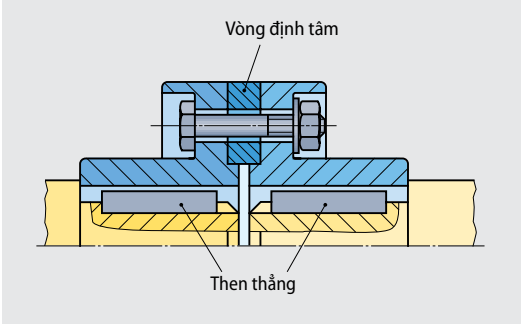
■ Khớp nối cứng

Khớp nối cứng được sử dụng để truyền lực giữa hai trục thẳng hàng, cũng như kết nối với nhau theo chiều dọc trục. Chúng không thể cân bằng khi trục lệch tâm.

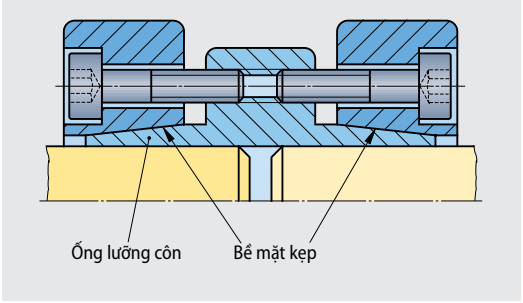
Khớp nối cứng phần lớn là rẻ tiền và được sử dụng cho kết cấu nhỏ trong các truyền động đơn giản. Chúng cũng được sử dụng ở mômen xoắn và ở tốc độ rất cao, chẳng hạn như với các mặt bích rèn.

Khớp nối đĩa. Với cách nối này, việc định tâm lẫn nhau của mặt bích trục được thực hiện bởi một gờ định tâm hoặc vòng định tâm (**Hình 3**).

Khớp nối đĩa với ống lưỡng côn. Thiết kế này kết hợp hai trục thẳng hàng có cùng đường kính với nhau (**Hình 4**). Qua bề mặt kẹp hình côn được xẻ rãnh, khớp nối có thể gắn được với nhau ở cuối trục bằng lực mà không cần có các then. Tuy nhiên khớp nối này không thích hợp cho tải thay đổi và va chạm.



Hình 3: Nối trục đĩa

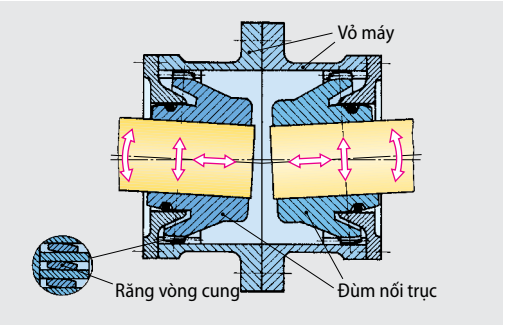


Hình 4: Nối trục với ống lưỡng côn (áo côn)

■ Nối trục quay cứng

Khớp nối này có thể truyền chuyển động quay hoàn toàn và bù trừ lệch trục cùng một lúc.

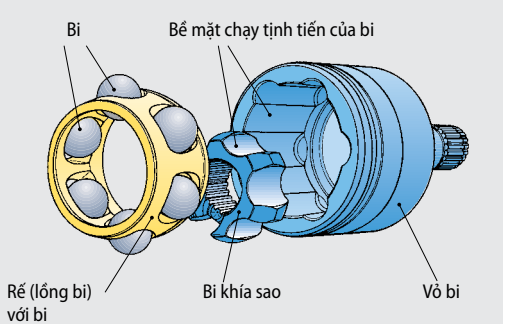
Nối trục răng vòng cung có đặc trưng bởi mômen xoắn truyền đi lớn và tốc độ cho phép cao với kích cỡ nhỏ (**Hình 1**). Trên hai đầu mút của trục lắp chặt mỗi đầu một đùm nối trục, nối trục này có răng biên dạng hình cầu ở đường kính ngoài. Các răng biên dạng hình cầu ăn khớp với các răng trong thẳng của vỏ hộp và như vậy cho phép để truyền mômen xoắn theo dạng cứng chắc. Qua đó có thể có sai lệch dọc trục và góc nhỏ giữa hai trục.



Hình 1: Nối trục răng vòng cung

Khớp nối Các đăng có thể cân bằng sai lệch dọc trục lớn hơn nối trục vòng cung. Tại khớp vạn năng (khớp trục vận tốc đều) các viên bi truyền chuyển động quay giữa hai trục.

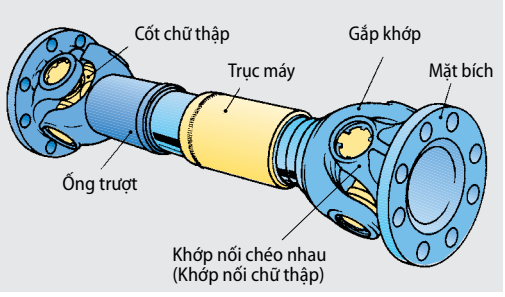
Khớp nối chậu là khớp vạn năng có khả năng di chuyển dọc trục (**Hình 2**). Chúng được trang bị với các viên bi, được dẫn hướng bởi một cái lồng và chạy trên đường thẳng. Chúng cho phép sai lệch góc tới 20^0 và thay đổi dọc trục đến 30 mm. Khớp vạn năng được sử dụng phần lớn là trục truyền động trong các loại ô tô.



Hình 2: Khớp nối chậu

> Khớp vạn năng (khớp nối vận tốc không đổi) chuyển tốc độ của trục kéo với lệch góc lớn không có sự khác biệt về tốc độ quay với trục được kéo.

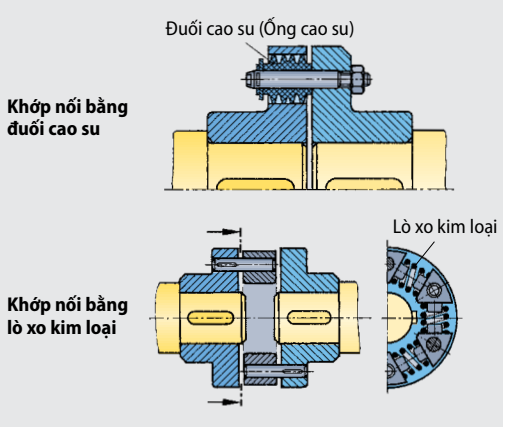
Nối trục Các đăng (cơ cấu Cardan) bao gồm hai khớp nối chữ thập và một ống trượt để bù trừ sai lệch chiều dài (**Hình 3**). Trong máy công cụ, trục Các đăng được dùng như là trục chính cho máy khoan nhiều đầu trục và như trục dẫn tiến cho bàn máy phay nhỏ.



Hình 3: Khớp nối chữ thập ở trục Các đăng

■ Nối trục đàn hồi

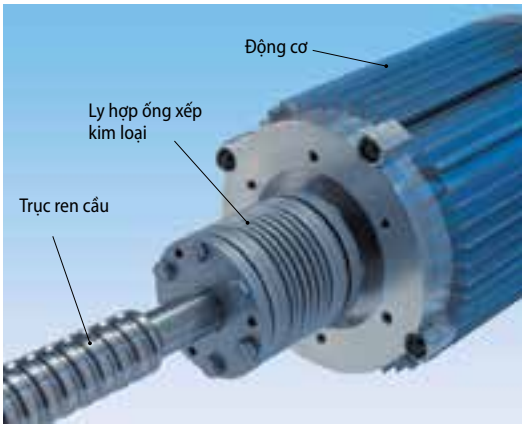
Như nối trục quay cứng, nối trục đàn hồi cân bằng lệch trục theo chiều hướng tâm và dọc trục. Do tính mềm dẻo bổ sung của nó ở trong hướng chu vi làm giảm các va chạm và rung động, giúp khởi động êm. Nối trục đàn hồi thường được sử dụng để truyền động máy thi công với mômen xoắn biến động mạnh, chẳng hạn như trong máy bơm pittông và máy nén pittông. Các chi tiết định hình làm bằng cao su cũng như lò xo xoắn ốc (hình trụ), lò xo lá và ống cao su xếp được sử dụng như là phần tử đàn hồi (**Hình 4**). Nối trục bằng lò xo kim loại thì phù hợp cho nhiệt độ làm việc cao hơn. Để vận hành không có độ hở, các lò xo được cài đặt với lực căng ban đầu.



Hình 4: Nối trục đàn hồi

Ống xếp kim loại được sử dụng trong chế tạo máy nói chung. Ở đây chúng kết hợp, thí dụ trong truyền động dẫn tiến, động cơ trợ lực với trục ren cầu và bảo đảm chuyển động êm và đều của bàn trượt dụng cụ ngay cả ở tốc độ rất thấp (**Hình 1**). Ống xếp kim loại truyền mômen xoắn quay từ 0,1 N • m đến 4 kN•m và tốc độ lên đến 13000 min^{-1}.

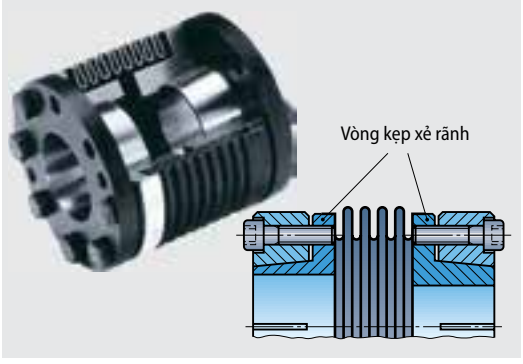
Các dạng hình học đặc biệt của các ống xếp bảo đảm độ bền xoắn cao (**Hình 2 và 3**). Nó cho phép cân bằng sự lệch trục, lệch tâm và lệch góc của trục cùng một lúc. Các ống xếp thường được làm bằng hợp kim thép quí. Sự kết nối của bộ ly hợp với trục qua lực ma sát với ống lót côn, đùm kẹp, côn bung hoặc vòng đùm siết côn.



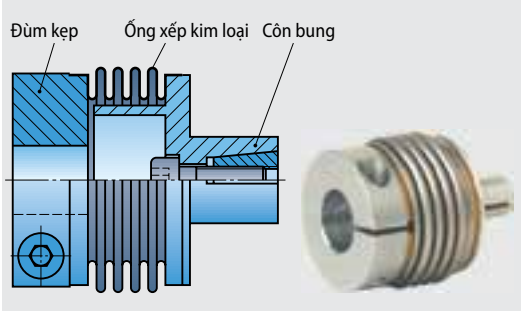
Hình 1: Đơn vị truyền động với ly hợp ống xếp kim loại

Ưu điểm của ống xếp kim loại:

- Không có độ hở khi truyền mômen xoắn
- Mômen quán tính thấp
- Độ bền xoắn cao
- Ứng dụng ở nhiệt độ lên đến 250^0 C
- Đơn giản, lắp ráp nhanh chóng
- Truyền mômen an toàn xoắn ngay cả ở tốc độ cao
- Cân bằng sự lệch trục, lệch tâm và lệch góc của trục
- Không cần bảo dưỡng



Hình 2: Ly hợp ống xếp kim loại với vòng đùm siết



Hình 3: Ống xếp kim loại với côn bung và đùm kẹp

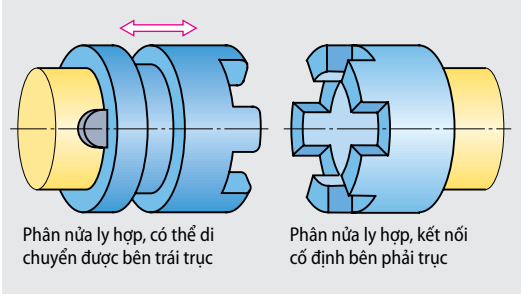
5.7.2.2 Ly hợp ghép

Ly hợp ghép được sử dụng, khi kết nối hai trục có thể được tạm thời bị gián đoạn. Tùy thuộc vào việc truyền mômen xoắn ta phân biệt giữa **ly hợp ghép trục cứng** và **ma sát,** chúng có thể được vận hành bằng cơ, thủy lực, khí nén hoặc bằng điện từ.

■ Ly hợp trục cứng

Trong ly hợp này mômen xoắn được truyền bằng cách khóa chặt các phần tử ghép nối khớp với nhau (vấu, răng, bulông, v.v) (**Hình 4**). Ở trạng thái đóng, không cần lực đóng bên ngoài để duy trì sự truyền lực. Sự kết nối giữa các phần chuyển động của bộ ly hợp và trục được làm qua kết nối lò xo trượt hoặc trục định hình (trục có prôfin). Ly hợp bánh răng được sử dụng trong chế tạo hộp số.

Ly hợp trục cứng chỉ đóng mở khi máy ngừng hoặc tốc độ giữa hai trục chênh lệch thấp.

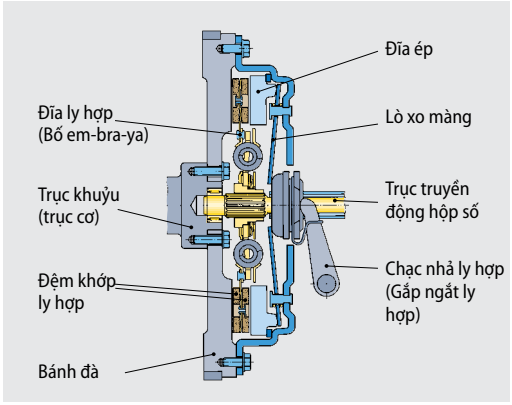


Hình 4: Ly hợp vấu

■ Ly hợp ma sát (Khớp ly hợp kết nối bằng lực ma sát)

Đối với ly hợp ma sát các mômen xoắn truyền qua ma sát. Ngay cả khi ly hợp hoạt động các bề mặt ma sát cũng được ép với nhau bởi một lực đóng bên ngoài. Các ly hợp cũng có thể được đóng mở theo tải và ở tốc độ cao, vì trục dẫn động được đưa vào từ từ khi các ly hợp vào khớp. Với mỗi lần đóng mở ly hợp ma sát thì nhiệt và mài mòn sinh ra, nên phải chuẩn bị đầy đủ cho việc tản nhiệt.

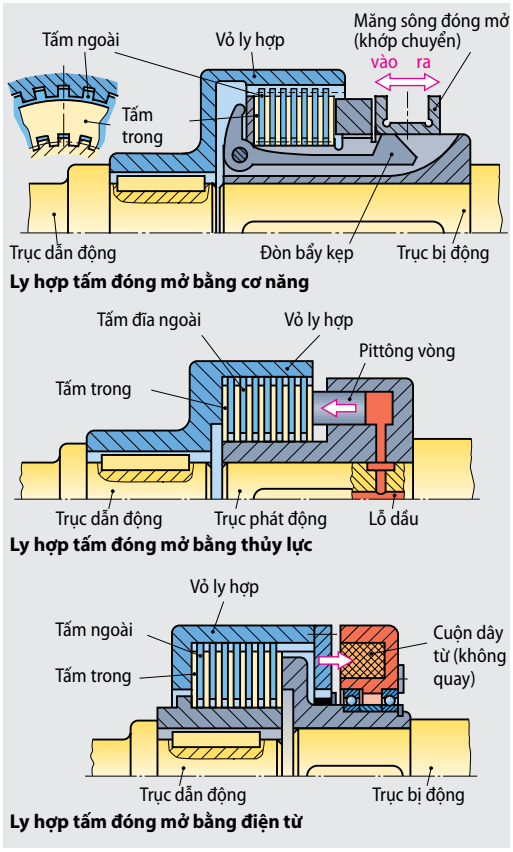
Tùy thuộc vào số lượng và hình dạng của bề mặt ma sát, ta phân biệt ly hợp đĩa đơn, ly hợp nhiều đĩa và ly hợp côn.



Hình 1: Ly hợp đĩa ma sát

Ly hợp ma sát đĩa đơn. Trong ly hợp ma sát đĩa đơn, qua lực lò xo (Lò xo nén hoặc màng) một tấm nén được ép vào một đĩa di động dọc trục (**Hình 1**). Các đĩa ly hợp đó ép ngược lại đối với bánh đà trên trục cam. Nhờ những miếng lót ma sát trên cả hai mặt của đĩa ly hợp, mômen xoắn được truyền từ bánh đà qua đĩa tới trục kéo. Muốn tách ly hợp, các đĩa ép được đẩy ra khỏi đĩa ly hợp với sự giúp đỡ của cơ cấu ngắt (vòng bi chà cắt ly hợp) và chạc nhả (càng ngắt) chống lại lực căng ban đầu của lò xo. Ly hợp đĩa ma sát đơn này chủ yếu được sử dụng trong xe hơi.

Ly hợp ma sát nhiều đĩa. Ly hợp ma sát nhiều đĩa, cũng được gọi là ly hợp tấm, gồm một bộ đĩa, các tấm luân phiên nối với bên ngoài vỏ ly hợp và bên trong với trục theo dạng cùng chiều vòng quay, nhưng di chuyển được dọc trục. Khi đóng mở các ly hợp, các tấm ép với nhau. Điều khiển đóng mở có thể bằng cơ năng, thủy lực hay là khí nén hoặc điện từ (**Hình 2**).



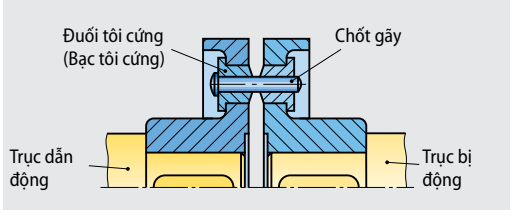
Hình 2: Ly hợp nhiều đĩa ma sát (ly hợp tấm)

> Ly hợp ma sát khi dừng lại hay đang chạy đều đóng mở được. Quá trình đóng mở có thể bằng cơ khí, thủy lực, khí nén hoặc điện từ.

5.7.2.3 Ly hợp cho các mục đích đặc biệt

Ly hợp an toàn sẽ ngưng dòng lực truyền giữa hai trục khi vượt quá mômen xoắn cho phép.

Ly hợp chốt an toàn (**chốt trượt, chốt gãy**). Các khớp nối an toàn đơn giản nhất là ly hợp chốt an toàn (**Hình 3**). Chúng được thiết kế để bị cắt khi các mômen xoắn vượt quá giới hạn cho phép.



Hình 3: Ly hợp chốt gãy

Ly hợp trượt được chế tạo như ly hợp ma sát nhiều đĩa hoặc ly hợp ma sát đĩa đơn và truyền các mômen xoắn bằng lực của bề mặt ma sát (**Hình 1**). Các mômen xoắn được truyền do điều chỉnh lực ép của lò xo. Khi vượt quá mômen xoắn cho phép, ly hợp tự trượt.

Ở **ly hợp khấc** (**ngấn**) mômen xoắn giới hạn (mômen xoắn quá tải) được điều chỉnh qua độ căng của lò xo đĩa khấc bằng đai ốc điều chỉnh có thang tỷ lệ (**Hình 2**). Ở tình trạng quá tải, các viên bi nhảy khỏi khấc, phần chuyển đổi từ đó lăn dọc trục. Điều này được phát hiện bởi một cảm biến cơ hoặc cảm biến không tiếp xúc và sự truyền động bị cắt trong vòng 2-3 mili-giây (**Hình 3**). Ly hợp tự động ăn khớp một lần nữa với bất kỳ khấc nào có bi trực tiếp theo sau. Điều này cho phép ly hợp tự động sẵn sàng hoạt động lại ngay lập tức sau khi khắc phục quá tải.

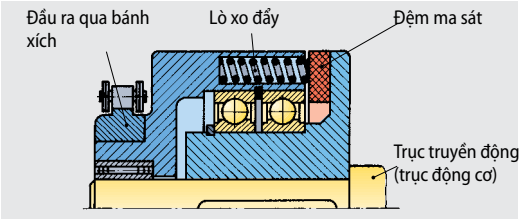
Ly hợp an toàn. Ly hợp an toàn trong các máy NC, chẳng hạn như ly hợp tuột (tuột embraya), thông qua một hệ thống đo xác định sự khác biệt tốc độ (tuột) giữa trục kéo và trục bị kéo. Lỗi này có thể xảy ra thí dụ do quá tải hay va chạm, trong trường hợp này truyền động của máy được dừng ngay thông qua một hệ thống dừng khẩn cấp.

Ly hợp lúc khởi động

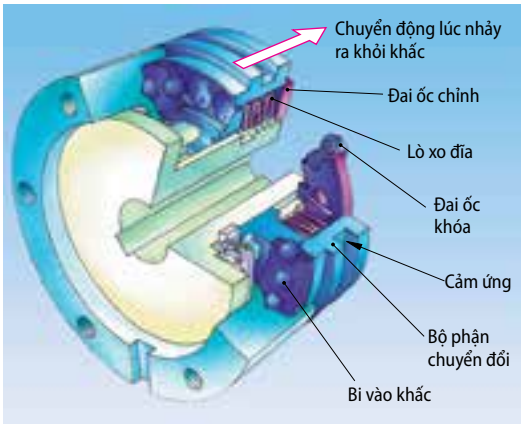
Ly hợp lúc khởi động thường được đặt lắp giữa động cơ và máy móc. Chúng cho phép các động cơ, chẳng hạn như một động cơ đốt, tăng tốc không tải. Chỉ tới một tốc độ nhất định, máy làm việc tự kết nối.

Ly hợp một chiều (**ly hợp kết cấu líp hay khớp ly hợp vượt tự do**)

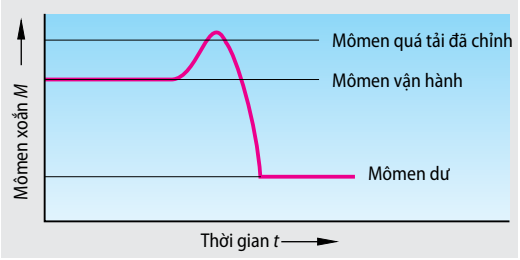
Trong ly hợp một chiều hoặc ly hợp vượt tự do mômen được truyền bằng bánh cóc, bánh vấu, con lăn hay viên bi, các phần này đã được cài lắp giữa phần kéo và phần bị kéo của ly hợp (**Hình 4**). Khi trục kéo quay nhanh hơn so với trục đầu ra, các con lăn hình trụ bị đẩy về bên ngoài và bị kẹt giữa trục kéo và trục bị kéo. Vỏ máy được kéo theo. Ngược lại, khi vỏ máy xoay nhanh hơn so với trục kéo, các con lăn di chuyển vào bên trong và sự truyền lực bị gián đoạn.



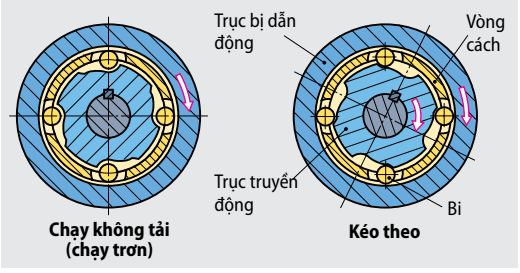
Hình 1: Ly hợp trượt



Hình 2: Ly hợp khấc (ngấn)



Hình 3: Tác động của một ly hợp khấc (ngấn)



Hình 4: Ly hợp một chiều

Ôn tập và đào sâu

1. Bộ ly hợp có nhiệm vụ gì?
2. Bộ ly hợp ma sát đĩa đơn làm việc như thế nào?
3. Ly hợp đàn hồi được cài đặt ở đâu?
4. Ưu điểm của nối trục ống kim loại là gì?
5. Ly hợp ma sát nhiều đĩa di chuyển như thế nào?
6. Ưu điểm của ly hợp khấc (ngấn) là gì?
7. Ly hợp một chiều đáp ứng được nhiệm vụ gì?

5.7.3 Truyền động đai (Truyền động dây trân)

Truyền động đai là truyền động bằng phương tiện kéo (Trang 429). Chúng truyền mômen xoắn và tốc độ giữa hai trục, và có thể có một khoảng cách lớn hơn so với bộ truyền bánh răng. Vì tất cả các dây làm bằng nhựa hoặc vải dệt, đặc tính của chúng khác biệt đáng kể với các bộ truyền bánh răng hoặc xích.

■ Ưu và nhược điểm của bộ truyền đai

Ưu điểm	Nhược điểm
• Việc truyền lực có tính đàn hồi • Chạy êm và ít ồn, chịu sốc • Khoảng cách trục có thể lớn • Không cần thiết bôi trơn • Phí tổn bảo dưỡng ít	• Bị trượt qua sự giãn nở của dây đai • Qua đó không có tỷ lệ truyền chính xác • Nhiệt độ ứng dụng bị giới hạn • Thêm tải trọng lên ổ trục do lực căng cần thiết của dây đai

■ Căng dây đai

Tất cả các dây đai phải được căng để công suất có thể được truyền (**Hình 1**). Điều này được thực hiện qua

- Lắp ráp với lực căng ban đầu hoặc một con lăn căng đai ở khoảng cách trục nhất định,
- Đẩy hoặc quay động cơ khi khoảng cách trục bù có thể được tăng lên.

■ Các loại dây đai

Các dây đai được phân chia theo loại kéo theo qua các đai không có răng (lực ma sát) và đai có răng (dạng cứng).

Dây đai không răng

Dây đai không răng truyền lực kéo qua ma sát giữa bề mặt chạy của dây đai và pu li (bánh đai truyền). Theo hình dạng của bề mặt chạy ta phân biệt dây đai dẹt và đai hình thang.

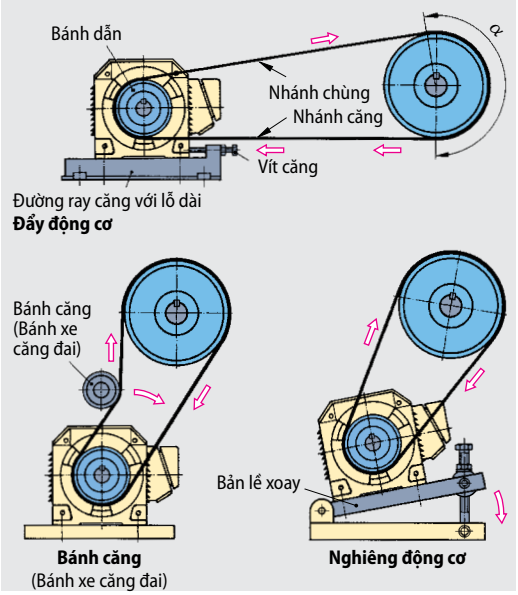
Dây đai dẹt (**dây đai bản, dây đai phẳng**)

Các lực chu vi trên bánh dẫn và do đó các mômen xoắn có thể truyền phụ thuộc cơ bản vào tính chất của lực căng, hệ số ma sát giữa đai và bánh cũng như góc ôm.

Cấu tạo. Dây đai bản (dẹt) thường được tạo thành bằng hai hoặc nhiều lớp. Lớp chạy được làm bằng da cứng (da crom), có một hệ số ma sát tốt hơn bề mặt chạy bằng thép hay bằng gang. Lớp kéo này được làm bằng nhựa với độ bền kéo cao và giãn nở ít.

Tính năng đặc biệt. Qua tính linh hoạt cao, dây đai có thể đạt được tỷ số truyền động 20:1, khoảng cách nhỏ giữa các trục, tốc độ dây đai cao (lên đến 100 m/s) (**Hình 2**).

Thí dụ ứng dụng. Bộ truyền động cho máy công cụ, máy dệt, máy làm giấy và bộ truyền động của băng chuyền con lăn, băng tải.



Hình 1: Các khả năng căng dây đai

Hình 2: Truyền động với dây đai bản (dẹt)

Đai hình thang (cu roa hình thang)

Khi chịu tải, đai hình thang được kéo vào các rãnh của bánh và ép vào các hông rãnh. Lực thẳng góc lớn được thành hình cho phép lực ma sát lớn và truyền các mômen xoắn lớn (**Hình 1**).

Cấu tạo. Đai hình thang được làm bằng một sợi dây kéo polyester, một lõi cao su được gia cố một phần bằng sợi ngang, và bọc ngoài bằng loại vải chống mài mòn. Đai hình thang với cạnh để mở thì không có bọc ngoài.

Tính chất đặc biệt. Qua kết nối bằng ma sát lớn được tạo ra bởi hiệu ứng nêm, lực căng ban đầu cần thiết thấp hơn so với dây đai dẹt. Nhờ tiết diện cao nên sức kháng uốn cong tương đối cao. Nó có thể được giảm khi phần dưới của đai có răng.

Các loại. Các dây đai hình dạng khác nhau đã được phát triển cho các yêu cầu khác nhau (**Bảng 1**).

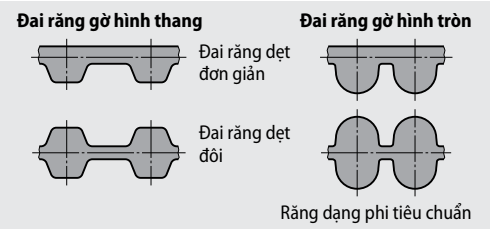
Dây đai đồng bộ (Dây đai răng)

Đối với dây đai đồng bộ lực truyền không qua ma sát mà qua dạng các răng của đai (kết nối dạng khớp). Dây đai răng kết hợp những ưu điểm của dây đai dẹt và dây đai hình thang với sự không có độ trượt của dây xích.

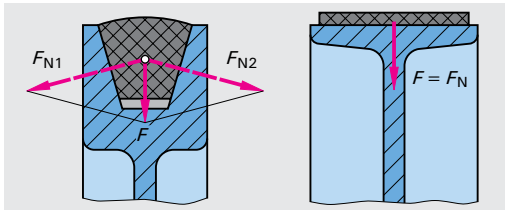
Các loại. Dây đai đồng bộ (răng) được sản xuất như răng đơn, răng đôi và với nhiều hình dạng răng khác nhau (**Hình 2**).

Đặc tính nổi bật. Đặc điểm của dây đai đồng bộ (răng) là sức căng ban đầu thấp và do đó chịu tải ít. Nó rất thích hợp cho việc truyền không có độ trượt với công suất vừa và nhỏ.

Thí dụ ứng dụng. Bộ truyền động bước dẫn tiến trong máy công cụ, máy sao chép (**Hình 3**), máy in, máy bán hàng tự động bằng tiền xu, truyền động trục cam.

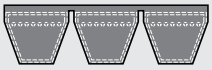
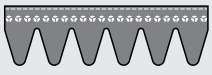


Hình 2: Các dạng đai răng



Hình 1: Các lực cho đai hình thang và đai dẹt

Bảng 1: Các loại đai hình thang

Dạng (mặt cắt)	Đặc điểm
Đai hẹp	
	Ứng dụng đa năng; hiệu suất cao; các bánh đai lớn hơn bánh đai bình thường; loại đai được sử dụng nhiều nhất
Đai thang hông mở	
	Đặc biệt có thể truyền tải công suất cao, đường kính bánh đai nhỏ hơn, độ bền nhiệt cao hơn
Đai liên hợp (Băng lực)	
	Vững vàng trước dao động và va đập, không bị xoắn trong các rãnh, cho khoảng cách trục lớn và bánh đai nhỏ
Đai hình thang có sườn (Đai thang có gân)	
	Linh hoạt, uốn cong bền; độ giãn nhỏ, phân phối lực đều trên các bánh đai
Đai bản rộng	
	Độ bền lực ngang và tính thích nghi với hình dạng rất tốt, ứng dụng trong bộ hộp số có thể điều chỉnh được tốc độ (Trang 429)

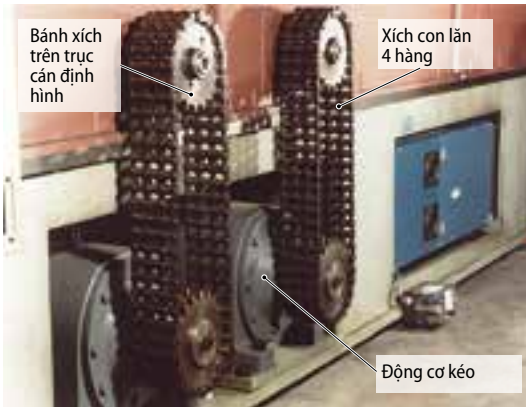
Hình 3: Đai răng dẹt đôi trong máy sao chép

Ôn tập và đào sâu

1. Bộ truyền đai dẹt có tính chất đặc biệt gì?
2. Có bao nhiêu loại đai hình thang?
3. Đai hình thang có hông mở nghĩa là gì?
4. Dây đai răng có đặc điểm gì?

5.7.4 Truyền xích

Giống như truyền đai, truyền xích thuộc về truyền động bằng phương tiện kéo. Chúng truyền chuyển động quay tròn giữa hai hay nhiều trục máy. Xích thường được làm bằng thép nhiệt luyện, do đó bền hơn nhưng cũng nặng hơn dây đai.



Hình 1: Bộ truyền xích của hệ thống cán thép định hình

■ Đặc tính và phạm vi ứng dụng

Dây xích chủ yếu sử dụng cho bộ truyền động với tỷ số truyền chính xác, với khoảng cách trục lớn hơn và lực kéo lớn. Chúng được đảm bảo ngay cả trong điều kiện bất lợi về môi trường chung quanh và do đó được sử dụng thí dụ như trong máy biến dạng (**Hình 1**), kỹ thuật băng tải, xe hai bánh, dụng cụ nâng cũng như máy chế biến gỗ và máy xây dựng.

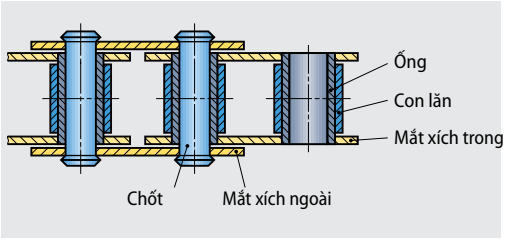
Ưu điểm	Nhược điểm
• Truyền tải không độ trượt • Tỷ lệ truyền không thay đổi • Có thể truyền các lực lớn • Hầu như không nhạy cảm với độ ẩm, chất bẩn và nhiệt độ cao	• Vận tốc xích giới hạn • Tiếng ồn lớn lúc chạy • Cần thiết có bôi trơn • Có xu hướng rung động khi va chạm

■ Các loại kết cấu dây xích

Các dây xích được chia thành **xích chuỗi** (**chuỗi mắt xích**) và **xích bản lề** (**Hình 2**). xích chuỗi chỉ được sử dụng như là xích tải. Xích bản lề thường được lắp vào bộ truyền động xích. Ta phân biệt xích con lăn, xích chốt và xích ống.

Hình 2: Xích chuỗi và xích bản lề

Xích con lăn (**Hình 3**). Qua con lăn được tôi cứng và mài bóng, lăn trên bề mặt hông của đĩa xích ta có được ma sát ít và do đó sự mài mòn thấp. Lớp phim bôi trơn giữa các bánh xe xích, con lăn và ống cũng làm bớt tiếng ồn phát ra.



Hình 3: Cấu tạo xích con lăn

Thí dụ ứng dụng về xích con lăn:

- Dây xích điều khiển trong các động cơ ô tô
- Dây xích truyền động cho xe máy
- Dây xích vận chuyển trong các hệ thống băng tải

Khi cần lực rất lớn để truyền, chẳng hạn như trong nhà máy chế biến thép (Hình 1), **dây xích nhiều con lăn** được sử dụng (**Hình 4**) như là các dây xích hai, ba hoặc bốn con lăn.

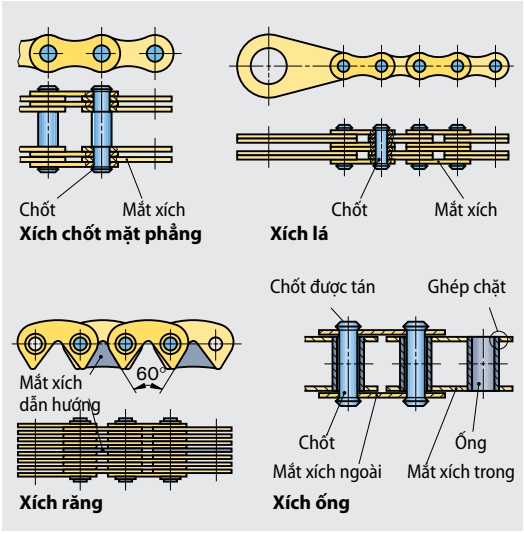
Hình 4: Dây xích nhiều con lăn

Xích chốt (**Hình 1, trang 413**). Chúng là những loại đơn giản nhất của các xích bản lề vì chỉ bao gồm các mắt xích và chốt. Xích ống gồm có **xích chốt mặt phẳng** và **xích lá**. Xích chốt mặt phẳng được sử dụng cho công suất thấp và tốc độ xích đến 0,5 m/s.

Xích lá là xích tải thuần túy và được dẫn không qua bánh xích mà qua ròng rọc. Chúng có ứng dụng làm xích nâng trong xe nâng và làm xích căng cũng như xích đối trọng.

Xích răng như là một dạng đặc biệt của xích ống chạy êm và thích hợp cho tốc độ lên đến 30 m/s. Chúng được sử dụng như là xích điều khiển, thí dụ như trong động cơ nổ.

Xích ống. Trong xích này, các má bên trong được ghép chặt vào ống (**Hình 1**). Các ống này lắp hở với chốt, chốt được tán chặt với các má bên ngoài. Xích ống có lợi thế hơn so với xích chốt vì áp suất bề mặt giữa chốt và ống nhỏ nên ít bị mài mòn. Thí dụ như chúng được làm thành xích băng tải với các bước chia xích nhỏ.



Hình 1: Các dạng cấu tạo của xích bản lề

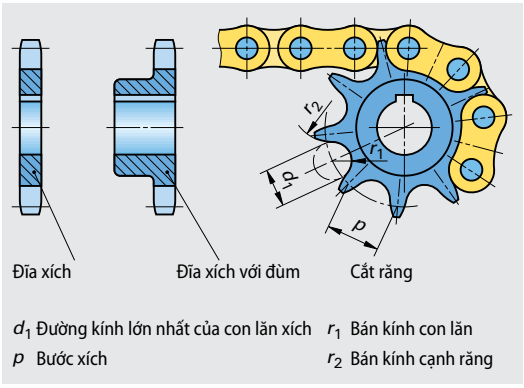
■ Đĩa xích và ứng suất xích

Đĩa xích (**Hình 2**). Kích thước và hình dạng của đĩa xích được xác định bởi độ lớn của xích, số lượng các răng và mômen xoắn được truyền. Người ta phân biệt hai dạng chế tạo cơ bản của bánh xích răng. Đĩa xích với đùm truyền mômen xoắn lớn hơn. Bánh đĩa xích được sử dụng khi mômen xoắn nhỏ có sẵn.

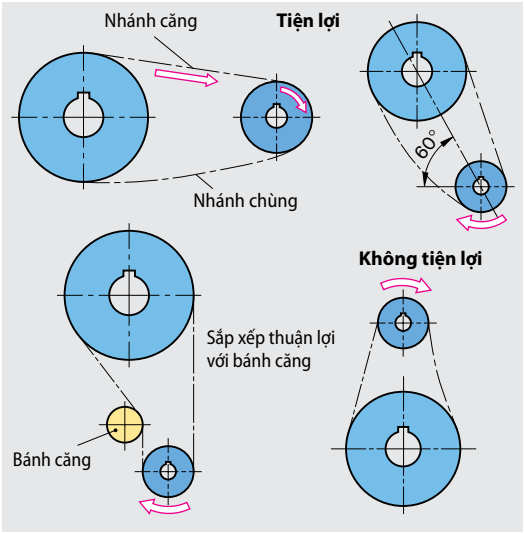
Sắp xếp các cách kéo. Sự sắp xếp của các đĩa xích có ảnh hưởng quyết định đến tuổi thọ và độ tin cậy của bộ truyền xích (**Hình 3**). Sự sắp xếp theo chiều ngang của đĩa xích tạo thuận lợi cho việc chạy êm trơn tru của xích. Không cần có thiết bị căng và dẫn hướng cho tới khi góc nghiêng đến 60^0 so với chiều ngang. Để dây xích chạy êm trong đĩa xích, nhánh căng phải nằm phía trên.

> Khi bộ truyền xích được sắp xếp theo chiều ngang, thì nhánh chùng có một độ chùng từ 1% đến 2%.

Bộ phận căng xích. Gá căng xích cần phải cân bằng sự giãn dài của xích và giảm dao động gây ra bởi mài mòn, tải không đồng đều hay giãn nở nhiệt.



Hình 2: Bánh xích (Đĩa xích)



Hình 3: Sắp xếp các cách kéo

Ôn tập và đào sâu

1. Những nhóm của các loại xích được phân biệt cơ bản như thế nào?
2. Giải thích bốn đặc điểm mà các dây xích phân biệt với các dây đai.
3. Giải thích cấu trúc của xích con lăn và ưu điểm của nó.
4. Xích răng có đặc điểm gì? Hãy kể một phạm vi ứng dụng.

5.7.5 Bộ truyền động bánh răng

Bộ truyền động bánh răng truyền chuyển động quay từ một trục này sang trục khác (**Hình 1**). Qua đó các răng của cả hai bánh răng ăn khớp theo dạng cứng vào nhau và vì thế không có độ trượt. Điều này cho phép truyền các lực nhỏ, chẳng hạn như trong kỹ thuật chính xác, hoặc lực rất lớn, thí dụ như bộ truyền động trong máy cán, và giữ được tỷ lệ truyền chính xác. Ngoài ra bánh răng cần có một khoảng cách trục nhỏ.

Với bánh răng có thể truyền chuyển động quay và qua đó thay đổi tốc độ, mômen xoắn hoặc hướng quay (**Hình 2**).

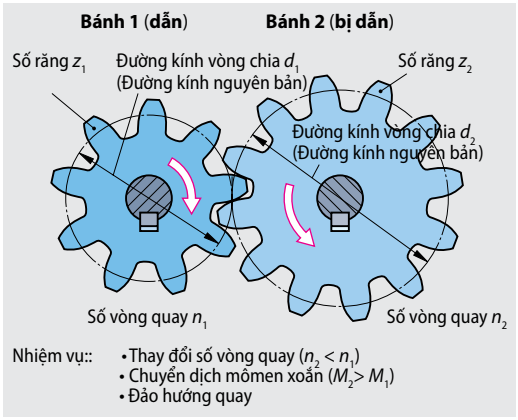
Hình 1: Bánh răng trong hộp số

■ Kích thước bánh răng

Kích thước của răng (**Hình 3**). Các bước răng *p* quyết định kích thước của răng. Nó được đo bằng radian trên vòng chia của bánh răng. Để có được một số nguyên người ta lấy bước răng *p* chia cho số pi (π). Qua đó ta có mô-đun $m = p/\pi$. Các trị số của mô-đun được tiêu chuẩn hóa và có đơn vị của chiều dài, thí dụ: $m = 2$ mm. Các kích thước khác như chiều cao bánh răng *h* tùy thuộc vào mô-đun. Chiều cao bánh răng *h* trong nhiều khớp răng là $h = 13/6 \cdot m$. Các bánh răng ăn khớp với nhau phải có cùng một mô-đun.

Kích thước của bánh răng (Hình 3). Các kích thước của một bánh răng tùy thuộc vào mô-đun m và số lượng răng z. Các vòng chia *d*, trên đó hai bánh răng tiếp xúc, là $d = m \cdot z$, đường kính vòng đỉnh $d_a = d + 2 \cdot m$. Giữa đường kính vòng đỉnh của bánh xe này và đường kính vòng đáy của bánh xe khác có một khe hở gọi là khe hở đỉnh *c*.

Nếu mô-đun, số răng của bánh răng và khe hở đỉnh được biết, thì tất cả kích thước cần thiết đều có thể tính được để tạo ra các bánh răng (xem sách bảng).



Hình 2: Nhiệm vụ của bánh răng

■ Tỷ số truyền

Nếu hai bánh răng có số răng khác nhau, thì vòng quay và mômen xoắn thay đổi khi truyền chuyển động quay (Trang 424).

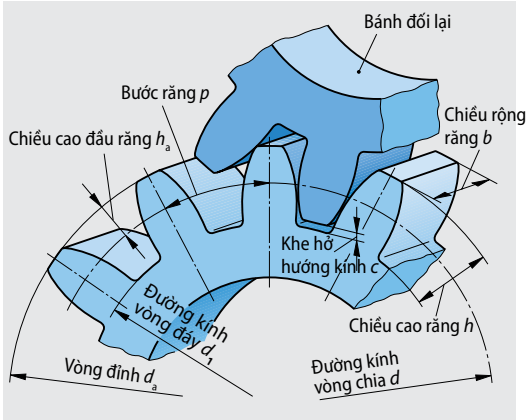
■ Khoảng cách trục

Khoảng cách trục a giữa hai bánh răng được xác định bởi các vòng chia d1 và d2 của hai bánh xe:
$a = (d_1 + d_2) / 2$

Thí dụ: Từ một hộp số ta được biết số răng $z = 20$, mô-đun m = 2 mm, khe hở đỉnh $c = 0{,}2 \cdot$ m. Đường kính vòng chia và vòng đỉnh là bao nhiêu?

Lời giải: $d = m \cdot z = 2 \text{ mm} \cdot 20 = 40 \text{ mm}$

$d_a = d + 2 \cdot m = 40 \text{ mm} + 2 \cdot 2 \text{ mm} = 44 \text{ mm}$



Hình 3: Kích thước bánh răng

■ Dạng hông răng (Dạng sườn răng)

Khi hai bánh răng ăn khớp, bề mặt hông hai răng lăn vào nhau. Qua đó chúng cần phải càng ít trượt càng tốt để mài mòn, sự tăng nhiệt độ và tiếng ồn được giữ ở mức thấp. Ngoài ra, răng nên được sản xuất bằng các dụng cụ đơn giản để giá thành được rẻ. Trong quá trình lắp ráp xảy ra sai lệch khoảng cách trục nhỏ, điều này không được gây hư hại khi vận hành.

Bánh răng thân khai. Các điều kiện nêu ở trên có thể được đáp ứng nếu đường cong của thân răng tương ứng với một đường thân khai (**Hình 1**).

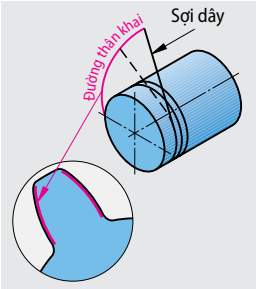
Đường thân khai này được hình thành khi một sợi chỉ tháo ra từ xi lanh. Từ đường thân khai này chỉ một đoạn ngắn của chiều dài khai triển được sử dụng cho các hông răng.

> Trong chế tạo máy và chế tạo xe hơi người ta sử dụng bánh răng thân khai.

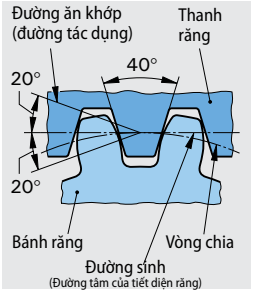
Trong việc sản xuất bánh răng thân khai, thanh răng được sử dụng với một góc biên dạng 40^0 độ (**Hình 2**). Các điểm tiếp xúc của thanh răng và bánh răng nằm trên một đường thẳng, gọi là đường ăn khớp (đường tác dụng). Đường thẳng này nghiêng với đường tiếp tuyến của vòng chia một góc chính xác bằng phân nửa góc biên dạng, gọi là **góc ăn khớp** (**góc áp lực**) 20^0.

Thông thường đường sinh tiếp xúc với vòng chia của bánh răng. Điều này được gọi là trường hợp của bánh răng không (bánh răng N).

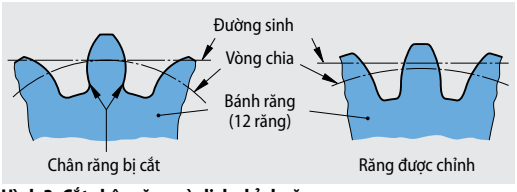
Dưới 17 răng trong một bánh răng thì xảy ra hiện tượng cắt chân răng ở bánh răng không (**Hình 3**). Do đó, các răng bị yếu đi, tỷ lệ ăn khớp xấu theo. Nếu dời đường sinh đối với đường kính vòng chia (đường kính nguyên bản) ra ngoài thì tránh được hiện tượng cắt chân răng. Bên cạnh bánh răng thân khai là bánh răng cung tròn được sử dụng càng ngày càng nhiều trong cơ khí chính xác và bánh răng chốt được sử dụng ở bánh xe quay trong chế tạo máy lớn.



Hình 1: Sự phát sinh đường thân khai



Hình 2: Thanh răng với bánh răng không (Bánh răng không có dịch chuyển răng)



Hình 3: Cắt chân răng và dịch chỉnh răng

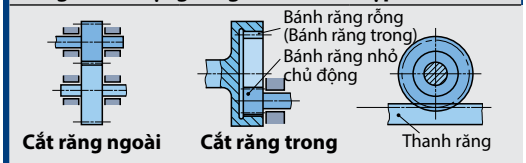
■ Các loại bánh răng

Tùy thuộc vào vị trí các trục của bánh răng ăn khớp, ta phân biệt **truyền động bánh răng trụ, truyền động bánh răng côn, truyền động bánh răng trụ nghiêng** và **truyền động trục vít** (**Bảng 1**).

■ Truyền động bánh răng trụ

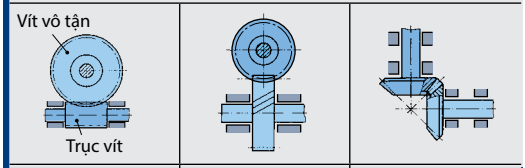
Việc truyền mômen xoắn với trục song song được thực hiện qua bánh răng trụ với răng bên ngoài hoặc trong (Trang 403-407). Tùy theo vị trí của răng so với trục quay, ta phân biệt răng thẳng, nghiêng và răng chữ V (**Bảng 2**).

Bảng 1: Các dạng răng cơ bản của hộp số



Cắt răng ngoài | **Cắt răng trong**

Truyền động bánh răng trụ
Trục nằm song song với nhau



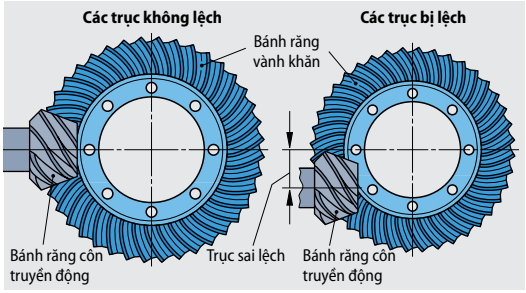
Truyền động trục vít	**Truyền động bánh răng nghiêng**	**Truyền động bánh răng côn**
Trục chéo nhau	Trục chéo nhau	Trục cắt nhau

Bảng 2: Các loại răng ở bánh răng trụ

Răng thẳng	• Hư hao ít vì ma sát • Tiếng ồn phát triển mạnh • Nhạy cảm đối với sai lệch dạng răng
Răng nghiêng	• Chạy êm hơn • Thích hợp hơn cho tốc độ cao • Năng suất thấp hơn • Ít nhạy cảm đối với sai lệch dạng răng • Lực dọc trục được cân bằng bởi răng chữ V
Răng chữ V	

■ Bánh răng côn

Bánh răng côn thẳng, côn nghiêng hoặc cung tròn được sử dụng cho các trục giao nhau. Trong bánh răng côn cung tròn, các trục có thể sai lệch với nhau bởi một dạng đặc biệt của răng (**Hình 1**).



Hình 1: Bánh răng côn răng xoắn

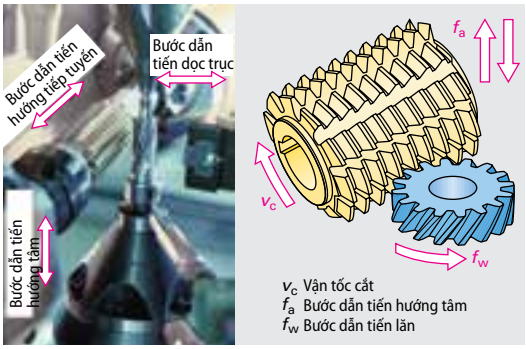
■ Truyền động trục vít

Truyền động trục vít được sử dụng ở khắp mọi nơi, khi hai trục giao nhau với một góc 90^0 và nơi mà tỷ số truyền lớn được yêu cầu đến 100: 1 (Hình 1, trang 424). Người ta thiết kế trục vít với răng phải và trái cũng như một hay nhiều dây. Trục vít một dây có góc nâng ren nhỏ, do đó có độ ma sát cao hơn và độ mài mòn lớn hơn. Khi góc nâng ren dưới 5^0 xảy ra hiện tượng tự hãm. Truyền động trục vít chạy êm và có thể truyền mômen xoắn lớn. Tuy nhiên nó sẽ hình thành lực dọc trục lớn trong trục vít khiến các ổ trục phải chịu.

■ Sản xuất bánh răng

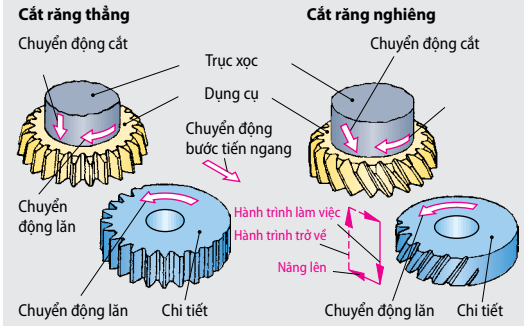
Bánh răng được sản xuất chủ yếu bằng gia công cắt gọt. Trong phương pháp lăn bất kể số lượng răng bao nhiêu thì chỉ cần một công cụ cho mỗi mô-đun.

Trong **phay lăn răng,** dao phay lăn răng có các "thanh răng" được sắp xếp liên tục, các thanh này lại được sắp xếp với nhau như trên một đường xoắn ốc (**Hình 2**). Để tương ứng với chuyển động vít, phôi (phôi bánh xe) phải được điều chỉnh quay một bước răng *p* trong một vòng quay của dao. Do phôi bánh xe được điều chỉnh như vít, nên có thể sản xuất liên tục.



Hình 2: Gia công bánh răng trụ với răng xoắn bằng phay lăn răng

Các phương pháp lăn khác là bào lăn răng (răng ngoài), xọc lăn răng (răng trong) (**Hình 3**), mài lăn răng và cà.



Hình 3: Gia công bánh răng trụ bằng phay xọc lăn

Các phương pháp định hình như **phay định hình** và **mài định hình** có thể được thực hiện trên máy công cụ đơn giản. Nhưng chúng cần cho mỗi mô-đun, mỗi số răng và mỗi dịch chuyển prôfin một công cụ định hình riêng, vì công cụ này phải có hình dáng giống chính xác như rãnh răng được gia công.

Tùy theo mục đích sử dụng, các bánh răng sẽ được cắt răng hoàn chỉnh ngay lập tức hoặc đầu tiên cắt thô trước rồi sau đó hông răng (sườn răng, má răng) được tôi và thường thì ở chân răng cũng được gia công hoàn chỉnh với mài, cạo rà, lăn ép, mài khôn và miết.

Ôn tập và đào sâu

1. Bánh răng có nhiệm vụ gì?
2. Ta hiểu mô-đun của bánh răng là gì?
3. Đường thân khai hình thành như thế nào?
4. Các dạng cơ bản của bánh răng khác nhau như thế nào?
5. Ưu và nhược điểm của bánh răng trụ răng nghiêng là gì?
6. Người ta phân biệt những phương pháp lăn để sản xuất bánh răng như thế nào?

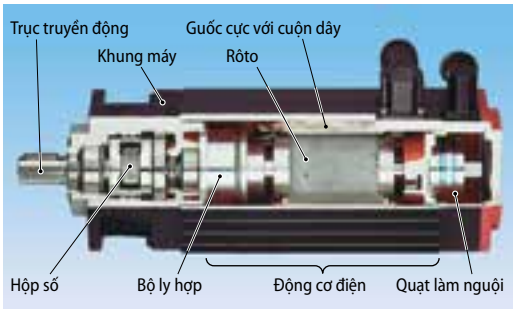
5.8 Đơn vị truyền động

5.8.1 Động cơ điện

Phần lớn các máy gia công được truyền động bằng động cơ điện (**Hình 1**)

Những tính chất quan trọng của động cơ điện

- Kết nối đơn giản đến mạng lưới điện
- Công suất sẵn sàng có ngay để sử dụng
- Ít bảo trì và ít hao hụt
- Công suất từ rất nhỏ đến rất lớn
- Ít ồn và thân thiện với môi trường



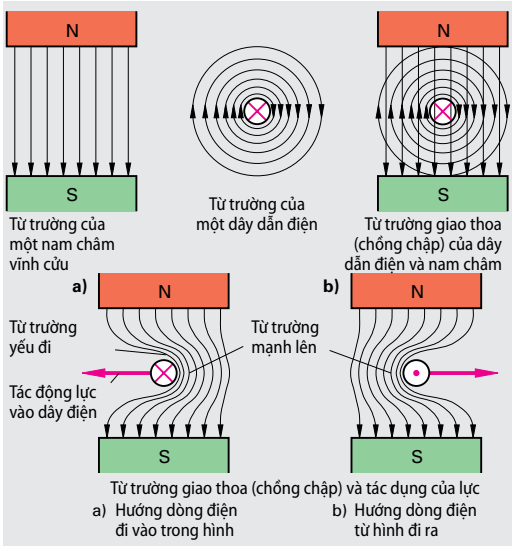
Hình 1: Động cơ cho truyền động dẫn tiến của một máy công cụ

5.8.1.1 Nguyên tắc vận hành

Động cơ điện được truyền động bằng lực điện từ. Nếu dây dẫn điện có dòng điện chạy qua được đưa vào từ trường của một nam châm vĩnh cửu, những đường sức từ sẽ giao thoa (chồng chập lên nhau) (**Hình 2**).

Tại dòng điện trong hình (a), từ trường được tăng cường ở bên phải và bị yếu đi ở bên trái. Điều này sẽ làm nảy sinh một lực đẩy dây dẫn điện sang bên trái. Trong trường hợp dòng điện có hướng ngược lại (b) dây dẫn điện chịu một lực đẩy sang bên phải. Nếu dây dẫn điện được hình thành dưới dạng một vòng trong từ trường, như vậy sẽ có 2 lực đẩy làm cho vòng dây dẫn điện quay.

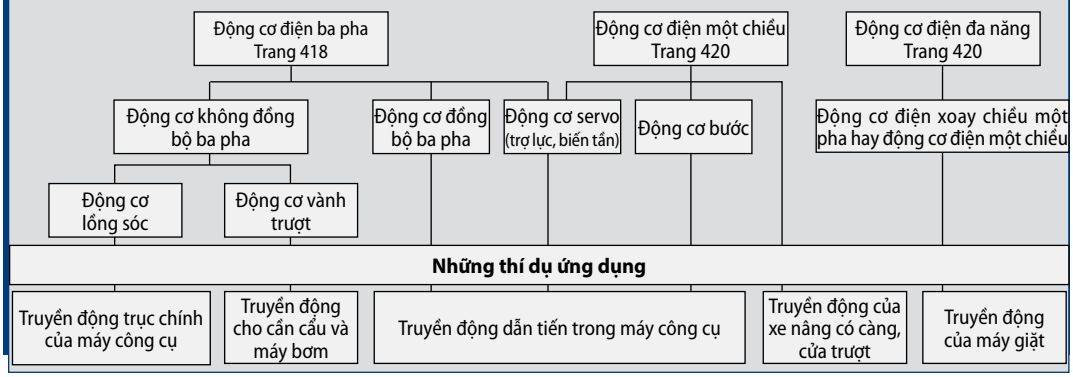
Trong một động cơ điện, nhiều vòng dây dẫn điện cuốn chung quanh một vật quay và tạo thành rôto. Chung quanh rôto là 4 nam châm điện bao gồm guốc cực (cực từ) và cuộn dây được xếp đặt trong khung máy tạo thành stato.



Hình 2: Tác dụng vào dây dẫn điện có dòng điện chạy qua trong từ trường của một nam châm vĩnh cửu

Khi nối vào lưới điện ba pha, từ trường của rôto và stato chồng chập với nhau và làm rôto quay. Qua đó vòng quay của rôto và tần số của điện áp tỷ lệ thuận với nhau. Đặc điểm chính để phân biệt động cơ điện là loại dòng điện vận hành. Theo đó người ta phân biệt động cơ điện ba pha, động cơ điện một chiều và động cơ điện đa năng (**Bảng 1**).

Bảng 1: Các loại động cơ điện



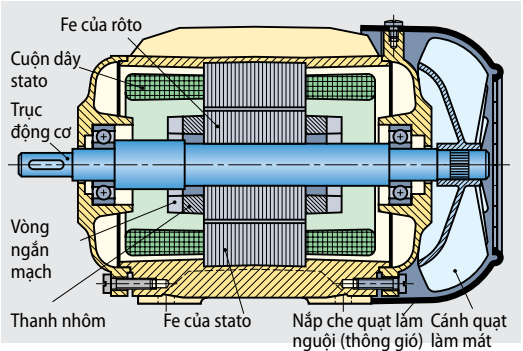
5.8.1.2 Động cơ điện ba pha

Động cơ điện ba pha được sử dụng nhiều nhất là động cơ không đồng bộ ba pha. Thành phần chính của nó là guốc cực với cuộn dây điện được gắn chặt vào trong khung máy (stato) và phần quay được đỡ trong ổ trục (rôto) (**Hình 1**). Rôto có thể là loại lồng sóc hay vành trượt. Stato gồm có 3 cuộn dây U1, V1 và W1 đặt lệch nhau 120° (**Hình 2**). Khi nối vào lưới điện ba pha, 3 dòng điện xoay chiều I_1, I_2, I_3 kế tiếp theo nhau chạy vào 3 cuộn dây này. Qua đó xuất hiện trong stato một **từ trường quay** với cặp cực (N và S). Từ trường của stato cảm ứng trong các thanh nhôm dẫn điện của rôto gây ra những dòng điện xoáy, những dòng điện xoáy này cũng tạo ra một từ trường mạnh trong rôto. Từ trường của stato và từ trường của rôto đẩy lẫn nhau và làm rôto quay. Rôto luôn bị từ trường quay của stato đẩy.

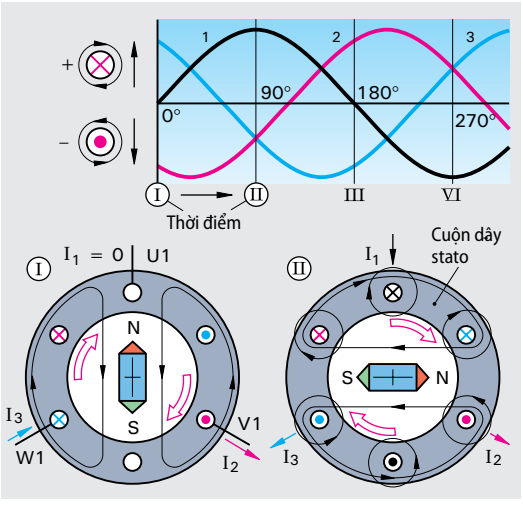
Ở một cặp cực, rôto quay gần bằng với tần số của từ trường stato (= tần số lưới điện 50 Hz). Điều này tương đương với số vòng quay 3000/min. Ở hai cặp cực, vòng quay rôto giảm xuống một nửa, n = 3000/min: 2 = 1500/min và ở ba cặp cực còn một phần ba *n* = 3000/min:3 = 1000/min.

> Trong động cơ có thể đảo cực, vòng quay có thể đảo cực từng bước.

Các thông số đặc trưng của động cơ điện được cho biết trên biển công suất (**Bảng 1 và hình 3**).



Hình 1: Cấu tạo một động cơ ba pha

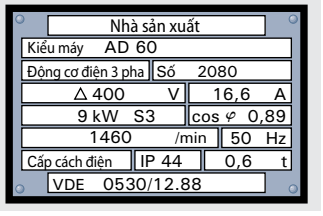


Hình 2: Sự hình thành của một trường quay điện từ hai cực

Bảng 1: Thông số đặc trưng của một động cơ điện

Chỉ dẫn trên bảng	Ý nghĩa	Chỉ dẫn trên bảng	Ý nghĩa
D-Motor	Động cơ điện ba pha	Cos φ 0,89	Hệ số công suất
400 V	Điện áp danh nghĩa (Điện áp định mức)	1460/min	Số vòng quay định mức (Vận tốc danh nghĩa)
16,6 A	Dòng điện danh nghĩa	Cấp cách điện B	Cấp cách điện
9 kW	Công suất danh nghĩa	IP 44	Loại bảo vệ

■ **Động cơ điện không đồng bộ 3 pha** phần lớn được chế tạo với rôto lồng sóc (**Hình 1, trang 419**). Ở loại động cơ này các thanh nhôm dẫn điện được ngắn mạch qua các vòng ở cuối rôto, vì thế mà người ta cũng gọi là **động cơ rôto ngắn mạch**. Từ trường quay của stato làm cảm ứng trong những thanh dẫn điện của rôto một điện áp và như thế tạo ra một dòng điện. Từ đó một từ trường trong rôto được hình thành. Từ trường của stato và rôto tác dụng với nhau khiến cho rôto quay theo chiều của trường quay stato. Vận tốc vòng quay của rôto luôn luôn nhỏ hơn của trường quay một tí vì nếu không điện áp sẽ không còn được tạo ra tiếp tục nữa. Động cơ không chạy đồng bộ mà sẽ chạy **không đồng bộ** với trường quay. Sự chênh lệch giữa vận tốc vòng quay của trường quay và vận tốc vòng quay rôto được gọi là **độ trượt**. Tùy theo tải của động cơ mà độ trượt sẽ vào khoảng 3% đến 7% của tần số lưới điện. Vì vậy vận tốc vòng quay của một động cơ điện không đồng bộ ba pha sẽ là 1460/min thay vì 1500/min.



Hình 3: Biển chỉ dẫn công suất của một động cơ điện ba pha

Tính năng vận hành của động cơ điện ba pha không đồng bộ

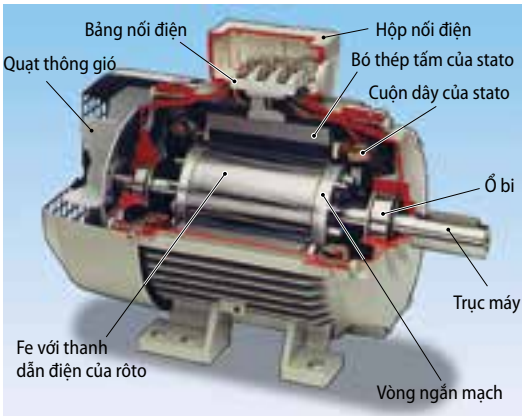
Khi bật máy thì đã có mômen khởi động M_A (**Hình 2**). Nó tác động để động cơ chạy đến khi đạt **vòng quay định mức** n_N tại **mômen định mức** M_N. Khi mômen tải hạ xuống 0, tốc độ quay sẽ tăng lên đến **tốc độ quay không tải** n_L. Khi mômen tải tăng lên, tốc độ quay sẽ giảm xuống cho đến **tốc độ lật** n_K. **Mômen lật** M_K là mômen quay cực đại mà động cơ có thể cung cấp. Khi tải vượt qua mômen lật, động cơ sẽ chạy chậm dần và dừng lại. Động cơ đạt đến mômen danh định (danh nghĩa) khi nó đạt vòng quay định mức như đã ghi ở trong bảng công suất. Động cơ không đồng bộ được vận hành giữa mômen không tải và mômen định mức.

Đặc điểm của động cơ điện không đồng bộ ba pha:

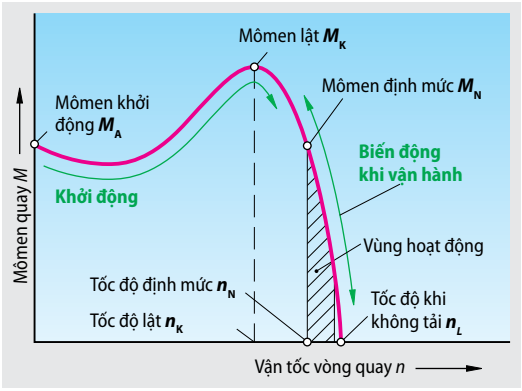
- Cấu tạo đơn giản, chắc chắn vì không cần cấp điện cho rôto
- Ít bảo dưỡng và ít khi hỏng hóc
- Việc điều chỉnh vận tốc vòng quay được thực hiện bằng điện tử qua bộ biến tần.
- Phù hợp cho chế độ vận hành liên tục và chế độ vận hành gián đoạn.
- Khi chịu tải vòng quay giảm rất ít.
- Mômen khởi động bị giới hạn

Động cơ điện ba pha không đồng bộ được sử dụng cho rất nhiều công việc truyền động, thí dụ như truyền động trục chính của máy công cụ hay truyền động cho máy bơm, máy nén và hệ thống vận chuyển.

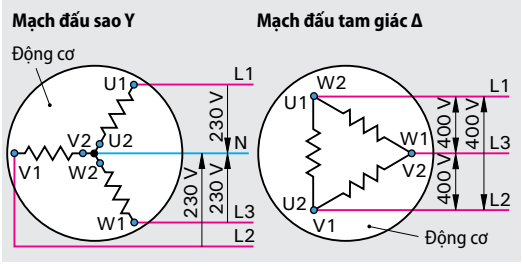
Một loại đặc biệt của động cơ điện ba pha không đồng bộ là **động cơ không đồng bộ vành trượt**. Nó được ứng dụng khi phải cần đến mômen quay khởi động lớn, thí dụ như cần cẩu xây dựng.



Hình 1: Động cơ với rôto lồng sóc



Hình 2: Tính năng vận hành của động cơ không đồng bộ



Hình 3: Mạch đấu sao-tam giác của các cuộn dây động cơ

Điều khiển khởi động của động cơ điện không đồng bộ ba pha

Những động cơ điện lớn cần dòng điện rất cao từ lưới điện khi khởi động. Qua đó điện áp trong lưới điện bị giảm. Để tránh sự biến động lớn không cho phép của điện áp trong lưới khi khởi động, động cơ không đồng bộ không được bật máy trực tiếp khi cường độ dòng điện khởi động vượt quá 60 A. Động cơ được trang bị một bộ phận **điều khiển khởi động**.

- Với **bộ chuyển mạch sao-tam giác,** đầu tiên những cuộn dây động cơ được cấp điện ở vị trí **Y (sao)** với 230 V, sau đó chuyển sang vị trí **tam giác** với điện áp đầy đủ 400 V (**Hình 3**).
- **Những thiết bị điện tử khởi động mềm** tạo ra việc khởi động và lấy đà nhẹ nhàng bằng việc giảm điện áp và dòng điện của động cơ, qua đó cũng tránh được việc tải tăng vọt và mômen nhảy vọt. Những thiết bị khởi động này có thể phù hợp một cách tối ưu với từng ứng dụng.
- Sự khởi động được điều khiển bằng **bộ đảo điện** tiết kiệm nhiều năng lượng, nhất là ở truyền động với chế độ tắt mở rất thường xuyên.

■ Động cơ điện ba pha đồng bộ

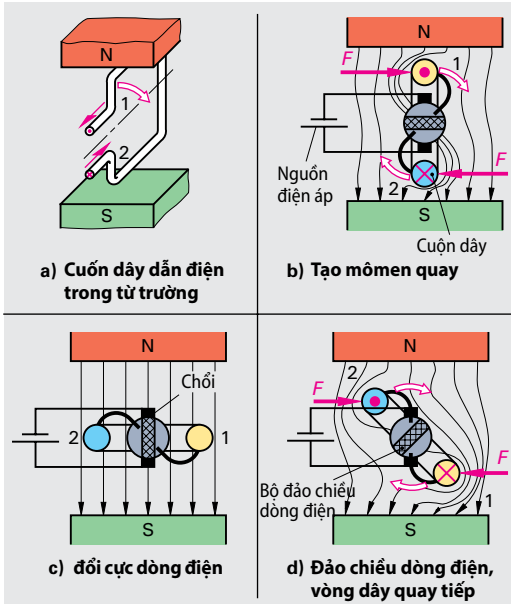
Rôto quay có cùng tần số với trường quay (đồng bộ). Vận tốc quay chỉ lệ thuộc vào tần số lưới điện và có thể điều khiển bằng điện tử.

Đặc tính của động cơ đồng bộ ba pha

- Vận tốc cố định khi tải thay đổi
- Khi quá tải, động cơ bị "treo" và máy dừng lại
- Khi nối vào lưới điện 50 Hz động cơ cần sự hỗ trợ đặc biệt để khởi động.

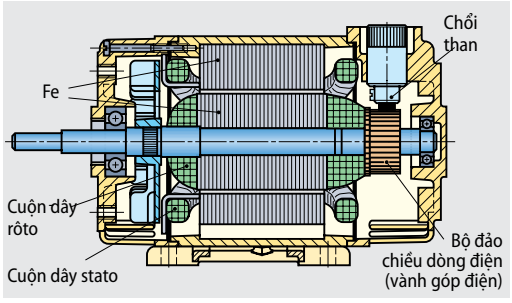
5.8.1.3 Động cơ điện một chiều

Đặt một vòng dây dẫn điện có dòng điện một chiều chạy qua và có thể quay được trên ổ đỡ trong một từ trường, thí dụ như của một nam châm vĩnh cửu và cho dòng điện một chiều chạy qua (**Hình 1, a**), như thế từ trường bị nén lại ở một bên của cuộn dây (**b, 1**) và yếu đi ở bên kia (**b, 2**). Qua đó xuất hiện một mômen quay làm cho cuộn dây dẫn điện chuyển động. Khi đạt đến vị trí (**c**) dòng điện phải được đổi chiều để cuộn dây quay tiếp tục như trong hình (**d**). Để làm được việc này cuộn dây được nối đến một thiết bị đổi chiều dòng điện. Thiết bị này có nhiệm vụ sao cho dòng điện luôn được chạy theo hướng cần thiết.



Hình 1: Nguyên tắc của động cơ điện một chiều

Động cơ điện một chiều gồm một rôto với cuộn dây dẫn điện và các guốc cực với các cuộn dây stato được gắn vào trong vỏ máy (kích hoạt từ bên ngoài) hay với nam châm vĩnh cửu (kích hoạt thường trực). Sự dẫn điện vào rôto và đổi chiều dòng điện được thực hiện bằng cực góp *(chổi góp điện)* và chổi than (**Hình 2**).



Hình 2: Động cơ điện một chiều được kích từ bên ngoài

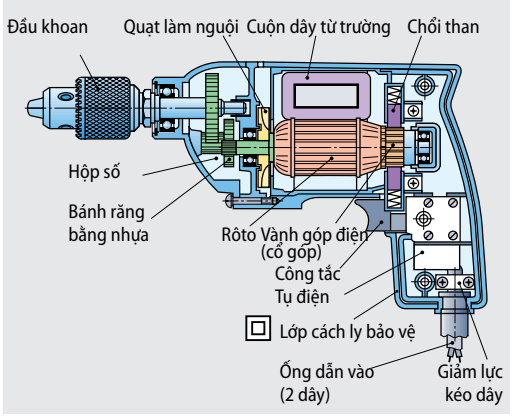
Ứng dụng:

- Động cơ kích hoạt từ bên ngoài được sử dụng trong lĩnh vực đòi hỏi công suất cao, thí dụ như thang máy, hệ thống vận chuyển và máy đóng gói.
- Động cơ kích hoạt thường trực trong lĩnh vực công suất thấp thí dụ như gạt nước xe hơi.

5.8.1.4 Động cơ đa năng

Động cơ đa năng là một dạng đặc biệt của động cơ điện một chiều. Khi nối vào điện áp xoay chiều, hướng dòng điện của phần kích hoạt và rôto thay đổi cùng một lúc, do đó hướng quay của động cơ được giữ nguyên. Do đó mà động cơ đa năng cũng có thể chạy với điện áp xoay chiều một pha.

Động cơ đa năng được gắn vào trong nhiều dụng cụ gia đình và thiết bị nhỏ, thí dụ như máy hút bụi, máy khoan tay hay quạt (**Hình 3**). Các động cơ đa năng có mômen lớn so với trọng lượng tổng thể, tuy nhiên tốc độ quay lệ thuộc nhiều vào tải.



Hình 3: Máy khoan tay với động cơ đa năng

5.8.1.5 Truyền động điện của máy công cụ

Khi khởi động và thắng (hãm), sự truyền động của một máy công cụ làm ảnh hưởng đến diễn biến của công suất và mômen cũng như khả năng định vị góc và điều khiển tốc độ, do đó ảnh hưởng đến chất lượng của quá trình sản xuất **và** như thế ảnh hưởng đến phẩm chất của sản phẩm (**Bảng 1, trang 422**).

Người ta phân biệt về cơ bản **truyền động trục chính** và **truyền động dẫn tiến** (**Hình 1**). Một truyền động bằng điện hiện đại là một hệ thống truyền động bao gồm động cơ và thiết bị điều khiển điện tử. Thiết bị điều khiển nằm trong tủ điện của máy công cụ. Nó điều khiển tốc độ và đặc tính mômen quay của động cơ cũng như lúc khởi động.

■ Truyền động trục chính

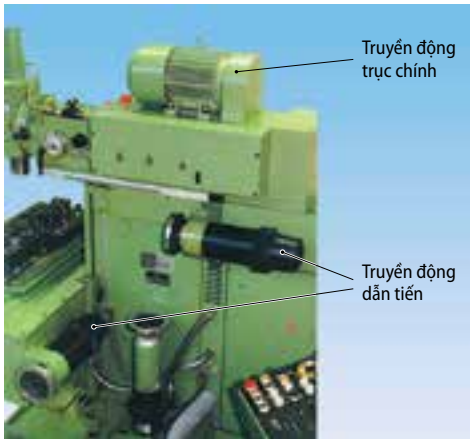
Phần lớn các động cơ không đồng bộ ba pha được sử dụng cho truyền động trục chính. Nó truyền động cho trục chính qua một dây đai thang (Hình 3, trang 429) hay trực tiếp gắn vào trục chính (Truyền động trực tiếp), còn gọi là **động cơ gắn vào trục chính**.

Truyền động trực tiếp. Trong **truyền động trực tiếp vào trục chính**, động cơ ba pha không đồng bộ được làm nguội bằng chất lỏng hay động cơ đồng bộ ráp vào, trực tiếp gắn vào trong trục làm việc (trục chính) (**Hình 2**). Qua đó không cần những cụm chi tiết máy như bản lề xoay, truyền động đai và truyền động bằng trục ren cầu. Cả những yếu tố có ảnh hưởng gây nhiễu tạo ra bởi lực ngang, nhờ vậy có thể tránh đi được phần lớn độ rơ và sự chấn động.

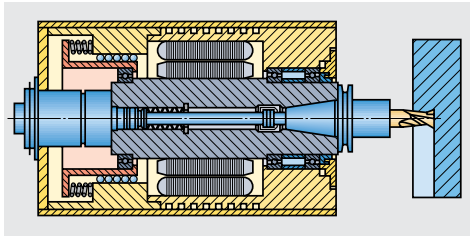
Đặc tính của truyền động trực tiếp

- Độ bền xoắn lớn qua việc mất đi những cơ phận truyền động đàn hồi
- Độ giảm rung cao và êm khi vận hành
- Ít ồn
- Định vị khi vận hành trục C $<0{,}01^0$
- Biến dạng tròn dưới 0,5 µm
- Truyền động trục chính thông thường khi gia công cắt gọt với vận tốc cao

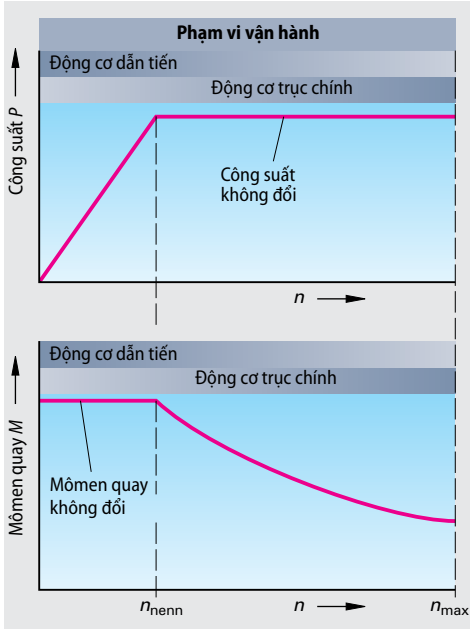
Đường đặc trưng của một truyền động chính. Truyền động chính trong máy gia công cắt gọt đòi hỏi phạm vi điều chỉnh lớn cho tốc độ với công suất không đổi. Truyền động chính được vận hành phần lớn giữa tốc độ danh định và n_{nenn} và tốc độ tối đa n_{max} trong điều kiện mômen quay giảm dần (**Hình 3**). Đặc tính này của mômen quay được đảm bảo bởi những linh kiện điện tử trong điều khiển. Ngược lại truyền động dẫn tiến cần một mômen quay cố định cho một lực không đổi qua nhiều tốc độ khác nhau. Cả đặc tính này của mômen quay cũng có thể được thực hiện bởi những linh kiện điện tử trong điều khiển.



Hình 1: Truyền động trục chính và truyền động dẫn tiến



Hình 2: Truyền động trực tiếp của một trục máy phay



Hình 3: Đường biểu diễn đặc trưng của truyền động trục chính và truyền động dẫn tiến

■ Truyền động dẫn tiến

Truyền động dẫn tiến (động cơ servo hay động cơ biến tần) của máy công cụ tạo đường biên của sản phẩm qua chuyển động của các trục (**Hình 1**). Động cơ servo được sử dụng phần lớn là động cơ đồng bộ ba pha với nam châm vĩnh cửu không chổi than. Qua một thiết bị điều khiển điện tử, tốc độ quay được điều khiển bằng cách thay đổi tần số và điện áp.

Những thông số chủ yếu là:

- **Mômen quay**, vì để có một lực dẫn tiến không đổi, phải cần thiết có một mômen quay không đổi.
- **Tốc độ quay** cho vận tốc dẫn tiến và chuyển động nhanh (khi không gia công)
- **Phản ứng nhanh** khi tốc độ thay đổi qua mômen quán tính nhỏ của rôto cũng như thời gian thắng và tăng tốc ngắn.

Những đặc tính kỹ thuật của động cơ servo là mômen dừng (khi vòng quay bằng không) từ 0,5 đến 500 Nm, công suất đến 26 kW và một phạm vi tốc độ định mức từ 1200 đến 6000/min.

Truyền động dẫn tiến được thực hiện trong vùng mômen quay không đổi.

Động cơ bước. Trong máy công cụ, động cơ bước cũng được sử dụng một phần làm truyền động dẫn tiến. Qua kết nối với một hệ điều khiển đơn giản và thân thiện với người sử dụng, động cơ bước được sử dụng cho máy CNC nhỏ hơn. Động cơ bước có thể phân nhỏ một vòng quay thành 10.000 bước. Điều này kết hợp với trục ren cầu có bước ren bằng 5 mm cho ra một độ định vị chính xác từ 5-10µm. Đặc biệt là trong sản xuất những chi tiết máy riêng lẻ đơn giản hơn và với số lượng nhỏ, các máy công cụ này rất kinh tế.

Qua việc điều khiển các cuộn dây của cực stato với xung điện, rôto quay từng bước với tần số xung của dòng điện điều khiển, thí dụ như đến 40 kHz. Qua mỗi xung điều khiển, rôto quay một bước góc tiếp tục (**Hình 2**). Độ lớn của bước góc tùy thuộc vào loại động cơ. Động cơ bước có một thiết kế đơn giản. Nó đặc biệt phù hợp cho các công việc định vị ở tốc độ quay và mômen quay thấp thí dụ như đến 15 Nm.

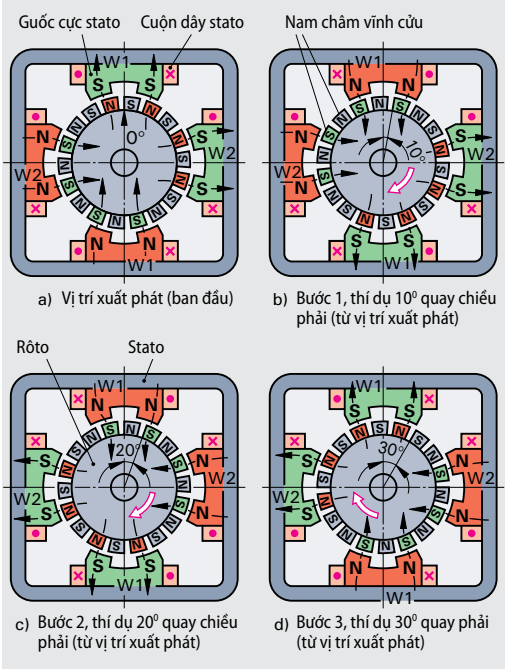
■ Điều khiển điện tử của động cơ điện ba pha cho trục chính và dẫn tiến

Tốc độ quay của động cơ điện ba pha được thay đổi và điều chỉnh qua bộ biến tần. Bộ biến tần chuyển tần số cố định của điện áp lưới ra một tần số thay đổi của động cơ. Tốc độ của động cơ thay đổi tỷ lệ thuận với tần số động cơ được tạo ra.

Bảng 1: Những yêu cầu cho truyền động

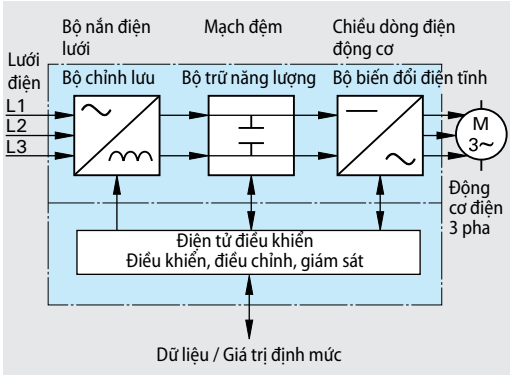
Truyền động chính
• Công suất không đổi qua một phạm vi rộng cho việc chỉnh vận tốc và điều chỉnh vòng quay vô cấp • Độ lệch tâm nhỏ, kể cả với vận tốc thấp nhất • Khả năng định vị góc, thí dụ như khi đổi dụng cụ hay ở công đoạn khoan
Truyền động dẫn tiến
• Động lực lớn khi tăng tốc và thắng • Mômen duy trì lớn khi dừng • Khởi động chạy từ từ đến vị trí mà không bị rung thái quá. • Cung cấp cho chuyển động dẫn tiến những gia lượng (gia số) nhỏ.

Hình 1: Động cơ servo trợ lực ba pha



Hình 2: Cách vận hành một động cơ bước

Cấu trúc. Bộ biến tần có thể chia ra làm 4 thành phần chính (**Hình 1**). Từ lưới điện ba pha bộ chỉnh lưu tạo ra một điện áp xung một chiều. Tụ điện trong mạch đệm nắn thẳng điện áp một chiều. Linh kiện bán dẫn trong bộ biến đổi điện (biến đổi DC thành AC) dẫn và ngắt tín hiệu tùy theo sự điều khiển của mạch điều khiển. Qua đó điện áp một chiều được biến thành điện áp xoay chiều với tần số biến đổi.

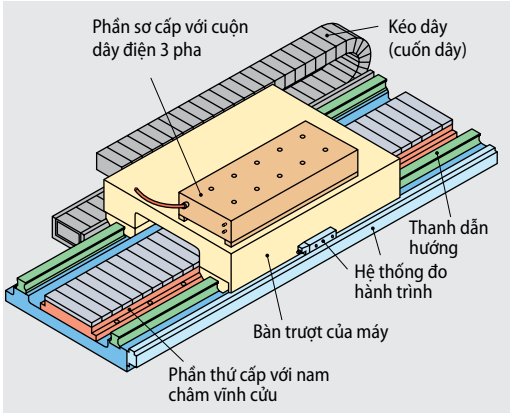


Hình 1: Bộ biến tần

5.8.1.6 Truyền động bằng động cơ tuyến tính

Động cơ tuyến tính được sử dụng khi chuyển động thẳng phải được thực hiện chính xác và nhanh. Thí dụ như là trường hợp truyền động dẫn tiến của trung tâm gia công. Qua gia tốc cao có thể đạt được đến 20 m/s^2 và vận tốc dẫn tiến thí dụ như 120m/min, thời gian chuyển động nhanh và thời gian đổi dụng cụ có thể giảm xuống một cách rõ rệt.

Trong truyền động dẫn tiến của máy công cụ, phần lớn động cơ tuyến tính đồng bộ được sử dụng. Nó tương đương với một động cơ đồng bộ ba pha trải ra trên một mặt phẳng. Phần sơ cấp bao gồm các cuộn dây điện ba pha, phần thứ cấp là nam châm vĩnh cửu (**Hình 2**). Khi các cuộn dây được nối vào lưới điện ba pha, một trường điện từ di động (chuyển dịch, thay đổi) chuyển động trên mặt phẳng xuất hiện kéo theo phần thứ cấp.



Hình 2: Cấu trúc của việc truyền động với động cơ tuyến tính

Trong máy công cụ hầu hết phần thứ cấp được gắn chặt vào bệ máy, trong khi phần sơ cấp với các cuộn dây xem như là bàn dao trượt truyền động cho đơn vị dẫn tiến. Vấn đề ở động cơ tuyến tính là sự toả nhiệt cao trong máy, do đó động cơ tuyến tính được làm nguội bằng nước và cách nhiệt.

Đặc tính của động cơ tuyến tính

- Trong lĩnh vực gia công với vận tốc cao đến 600 vòng/phút và gia tốc đến 100 m/s^2
- Định vị rất nhanh và chính xác, thí dụ như đến 0,003 mm ở trung tâm gia công
- Nhiều lực dẫn tiến đạt đến 20.000N
- Không có độ rơ khi đảo chiều vì không có trục máy
- Truyền lực trực tiếp không có những bộ phận (chi tiết) chuyển động, vì thế độ bền vững tĩnh và động cao
- Độ chính xác lặp lại cao, thí dụ như trong công đoạn mài đến 0,1 µm
- Trừ thanh trượt dẫn hướng, không có chi tiết bị mòn cơ

Ôn lại và đào sâu

1. Những loại động cơ điện nào được phân biệt theo loại dòng điện?
2. Những tính chất đặc trưng của động cơ điện ba pha không đồng bộ là gì?
3. Hãy mô tả cơ cấu và chức năng của một động cơ điện ba pha không đồng bộ.
4. Tại sao động cơ điện không đồng bộ ba pha với công suất cao cần điều khiển khi khởi động?
5. Hãy mô tả những yêu cầu cho truyền động trục máy chính và dẫn tiến của máy công cụ.
6. Hãy mô tả cơ cấu của một động cơ tuyến tính.

5.8.2 Hộp số

Trong vỏ máy bộ truyền động được lắp ráp với bánh răng, xích hay đai gọi là hộp số (**Hình 1**). Hộp số được lắp ráp giữa động cơ truyền động và trục truyền động để thực hiện việc chuyển đổi vòng quay và mômen quay. Người ta phân biệt 3 loại hộp số: hộp số thủ công (bánh răng truyền động gián đoạn), hộp số không cần sang số và hộp số vô cấp.

Cho dù có nhiều máy có trang bị động cơ điện được điều khiển bằng tốc độ (Động cơ servo, trang 422), người ta vẫn thường dùng thêm một hộp số bổ sung khi có đòi hỏi mômen quay lớn với tốc độ chậm.

Những thí dụ ứng dụng:

- **Hộp số ô tô:** Khi tăng tốc hoặc leo núi, mômen quay được tăng lên qua số nhỏ hơn.
- **Truyền động trục ở người máy** (**robot**)**:** Những trục phải được chuyển động đều ngay cả khi chịu tải lớn và tốc độ chậm.
- **Máy công cụ:** Khi gia công, thí dụ như khi tiện thô chi tiết với đường kính lớn, mômen quay không đủ của động cơ điện sẽ được tăng lên (bổ sung) qua hộp số thủ công.

Hộp số thay đổi tốc độ, mômen quay và hướng quay.

Tốc độ, mômen quay và công suất là thông số chủ yếu của hộp số.

Trong hộp số truyền động với bánh răng, đai và xích, lực chu vi F_u và tốc độ biên v (tốc độ ở chu vi) ở 2 bánh thì bằng nhau, tuy nhiên đường kính d_1 và d_2 lại khác nhau (**Hình 2**).

$$v_1 = v_2 \qquad \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$
$$n_1 \cdot \pi \cdot d_1 = n_2 \cdot \pi \cdot d_2$$

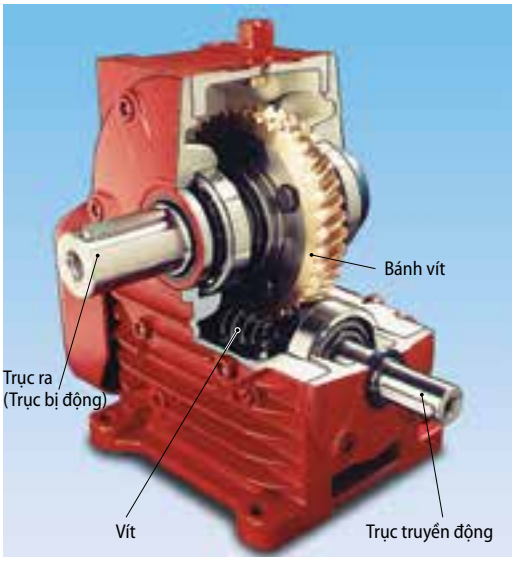
Hiệu lực cho bánh răng:

$$n_1 \cdot m \cdot z_1 = n_2 \cdot m \cdot z_2 \qquad \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$
$$n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$$

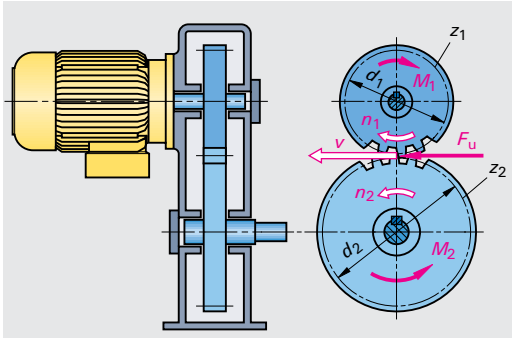
Tỷ lệ của tốc độ truyền động (tốc độ vào) n_1 với tốc độ ra n_2 được gọi là **tỷ lệ truyền động** *i*. Tỷ lệ truyền động có thể tính từ số răng z_2/z_1 hay từ đường kính d_2/d_1 của đĩa dẫn động cũng như đĩa được truyền động.

Hiệu lực cho mômen quay: $\frac{M_2}{M_1} = \frac{F \cdot d_2/2}{F \cdot d_1/2} = \frac{d_2}{d_1} = i$

Ma sát làm giảm mômen truyền động M_2 chứ không làm giảm tỷ lệ truyền động *i*. Việc thất thoát này được tính đến trong hiệu suất η.



Hình 1: Sự truyền động trục vít



Đại lượng	Truyền động	Bị dẫn động
Vận tốc	n_1	n_2
Số răng, đường kính	z_1, d_1	z_2, d_2
Mômen quay, công suất	M_1, P_1	M_2, P_2

Hình 2: Sự truyền động bánh răng một cấp

Tỷ lệ truyền động $i = \frac{n_1}{n_2} \quad i = \frac{d_2}{d_1} \quad i = \frac{z_2}{z_1}$

Mômen lý thuyết của đầu ra $M_2 = M_1 \cdot i$

Mômen thật sự của đầu ra $M_2 = M_1 \cdot i \cdot \eta$

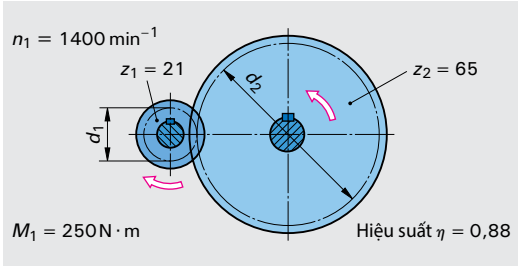
Thí dụ: Truyền động bánh răng đơn cấp (Hình 1) i, n_2 và M_2 là bao nhiêu?

Lời giải:

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{65}{21} = 3{,}1$$

$$n_2 = \frac{n_1 \cdot z_1}{z_2} = \frac{1400\ \frac{1}{\text{min}} \cdot 21}{65} = 452\ \frac{1}{\text{min}}$$

$$M_2 = M_1 \cdot i \cdot \eta = 250\ \text{N} \cdot \text{m} \cdot 3{,}1 \cdot 0{,}88 = 682\ \text{N} \cdot \text{m}$$



Hình 1: Truyền động bánh răng một cấp

Công suất đầu ra P_2 nhỏ hơn công suất đầu vào P_1. Như trong mômen quay, sự thất thoát được tính đến trong hiệu suất η. Trong truyền động quay công suất P ở mỗi điểm có thể tính từ mômen quay M và tốc độ n tại điểm đó.

Thí dụ: Hộp số với $P_1 = 12$ kW, $n_1 = 1400\ \frac{1}{\text{min}}$; $\eta = 0{,}90$, $i = 5{,}62$ (**Hình 2**)
M_1, n_2, M_2 và P_2 là bao nhiêu?

Lời giải:

$$M_1 = \frac{P_1}{2 \cdot \pi \cdot n_1} = \frac{12\,000\ \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{1400}{60}\ \frac{1}{\text{s}}} = 81{,}85\ \text{N} \cdot \text{m}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{1400\ \frac{1}{\text{min}}}{5{,}62} = 249\ \frac{1}{\text{min}}$$

$$M_2 = M_1 \cdot i \cdot \eta = 81{,}85\ \text{N} \cdot \text{m} \cdot 5{,}62 \cdot 0{,}90 = 414\ \text{N} \cdot \text{m}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta = 12\ \text{kW} \cdot 0{,}90 = 10{,}8\ \text{kW}$$

Truyền động đa cấp (nhiều cấp) có cùng sự tương quan giữa các đại lượng truyền động (dẫn động) và phát động như trong truyền động đơn cấp. Tỷ lệ truyền động toàn bộ ***i*** là tỷ số giữa tốc độ vào n_a và tốc độ ra n_e và như thế bằng tích số của $i_1.i_2.i_3$ các tỷ lệ truyền động của những cấp bánh răng đặt nối tiếp.

Thí dụ: Truyền động điều khiển một cần cẩu (Hình 3). Các tỷ lệ truyền động ***i***, i_1, i_2 và tốc độ vận hành v là bao nhiêu?

Lời giải:

$$i_1 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{70}{17} = 4{,}12$$

$$i_2 = \frac{z_4}{z_3} = \frac{60}{16} = 3{,}75$$

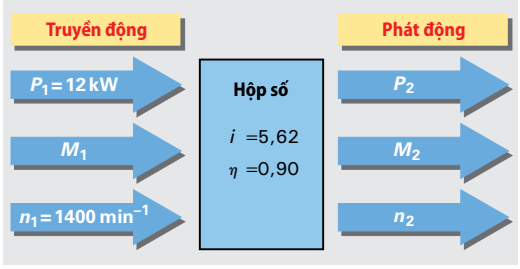
$$i = i_1 \cdot i_2 = 4{,}12 \cdot 3{,}75 = 15{,}45$$

$$n_e = \frac{n_a}{i} = \frac{1400\ \frac{1}{\text{min}}}{15{,}45} = 90{,}6\ \frac{1}{\text{min}}$$

$$v = \pi \cdot d \cdot n = \pi \cdot 0{,}4\ \text{m} \cdot 90{,}6\ \frac{1}{\text{min}} = 114\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Công suất đầu ra $P_2 = P_1 \cdot \eta$

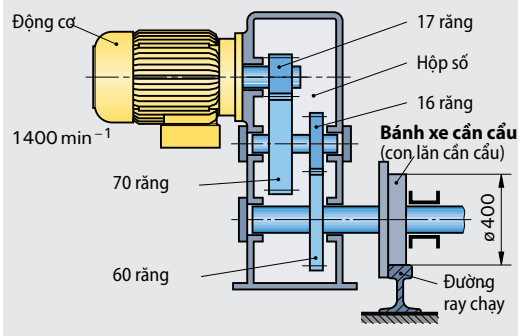
Công suất trong chuyển động quay $P = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot M$



Hình 2: Sơ đồ khối của hộp số

Tỷ lệ truyền động toàn bộ $i = \frac{n_a}{n_e}$ $i = i_1 \cdot i_2 \cdot \ldots$

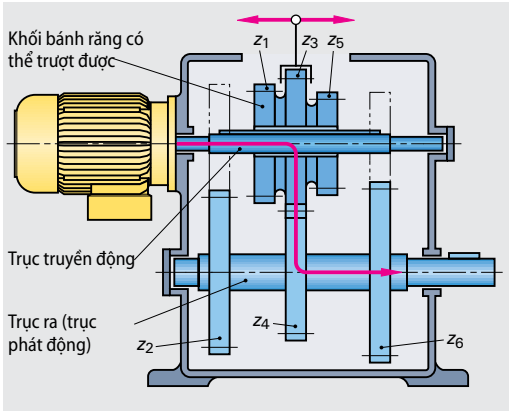
Tỷ lệ truyền động đơn cấp $i_1 = \frac{z_2}{z_1}$ $i_2 = \frac{z_4}{z_3}$ ...



Hình 3: Truyền động vận hành một cần cẩu

5.8.2.1 Hộp số truyền động gián đoạn (Hộp số có thể thay đổi vận tốc)

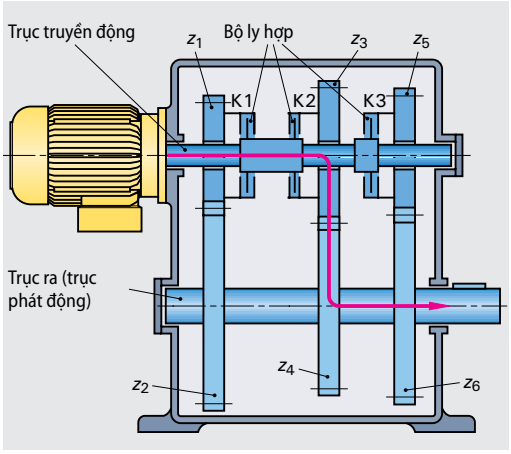
Hộp số với bánh răng trượt. Trong hộp số với bánh răng trượt, các cấp truyền động với tỷ số khác nhau được chỉnh qua việc khối bánh răng được đẩy theo trục truyền động (**Hình 1**). Việc đẩy (sang số) có thể thực hiện bằng tay, qua các xi lanh thủy lực hay khí nén hoặc qua các động cơ điện. Trong việc truyền động với bánh răng trượt, việc sang số có thể thực hiện khi không tải và chỉ có sự chênh lệch tốc độ rất nhỏ giữa hai trục máy hay khi máy dừng. Với hộp số trong hình 1, người ta có thể có được 3 vận tốc khác nhau ở trục ra.



Hình 1: Hộp số với bánh răng trượt

Hộp số ly hợp. Trong hộp số ly hợp những cặp bánh răng khác nhau được kết nối qua bộ ly hợp. Qua đó tất cả các bánh răng liên tục tiếp xúc (ăn khớp) vào nhau (**Hình 2**). Chẳng hạn như người ta sẽ có tỷ số truyền động z_4/z_3 khi bộ ly hợp K_2 được kết nối và qua đó kéo theo bánh răng z_3 mà trước đó nằm rời không hoạt động trên trục truyền động. Các bộ ly hợp khác được tách rời ra trong thời gian này. Nếu bộ ly hợp ma sát được sử dụng, thí dụ như bộ liên hợp nhiều đĩa, tốc độ sẽ được chuyển dịch khi có tải.

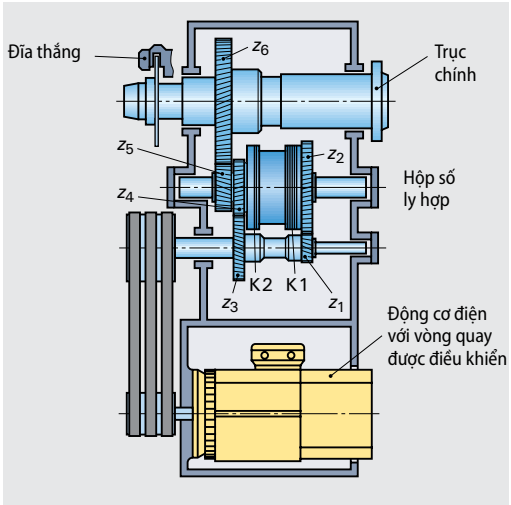
Giống như hộp số với bánh răng trượt, hộp số ly hợp với bộ ly hợp (khớp) răng (**Hình 3**) chỉ có thể chuyển đổi khi tất cả các bánh răng liên quan ở trong trạng thái tĩnh. **Hộp số ô tô** cũng có bộ ly hợp răng. Tuy nhiên vì phải sang số khi đang chạy nên trước đó bánh răng để sang số và khớp chuyển (măng sông đóng mở) phải chạy với cùng vận tốc qua thiết bị đồng bộ hóa. Trước khi đạt đến cùng vận tốc, khớp chuyển không thể đẩy đi được và như thế việc sang số như mong muốn không thể thực hiện được (Sự khóa đồng bộ hóa).



Hình 2: Hộp số ly hợp

> Trong hộp số người ta nhận được các tỷ lệ truyền động khác nhau qua việc đẩy bánh răng hay kết nối bộ ly hợp.

Động cơ điện điều khiển được vòng quay kết hợp với một hộp số ly hợp (Hình 3). Qua vòng quay truyền động vô cấp của động cơ điện và hai tỷ lệ truyền động bánh răng, trục quay chính có 2 vùng tốc độ vô cấp để sử dụng, thí dụ như từ 25/min đến 430/min và từ 400/min đến 6000 min. Như vậy người ta có thể gia công trong chu kỳ cắt gọt và tiện mặt đầu (tiện phẳng bề mặt) với một vận tốc cắt gọt không đổi. Hai bậc tỷ lệ truyền động có thể chuyển được (z2/z1 cũng như z4/z3) và tỷ lệ truyền động cố định (z6/z5) được gắn thêm vào làm tăng mômen quay đến từ động cơ. Nhờ vậy tiết diện cắt gọt lớn cũng có thể đạt được ở những phôi có đường kính lớn.



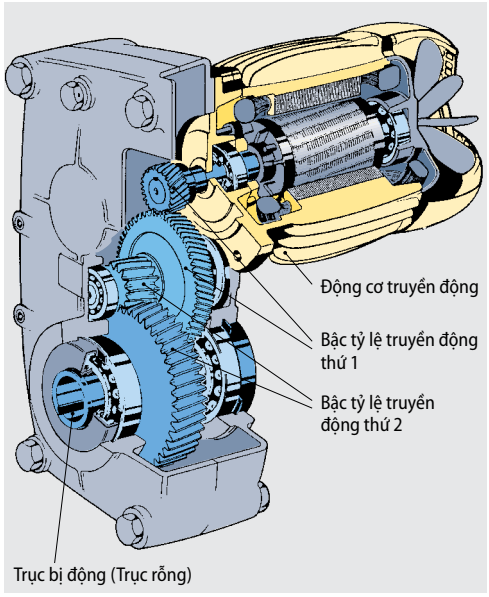
Hình 3: Truyền động trục chính của một máy tiện

5.8.2.2 Hộp số không chuyển đổi (Hộp số cố định)

Hộp số không chuyển đổi được sử dụng khi có yêu cầu truyền động với mômen quay lớn và tốc độ chậm. Trong những trường hợp này, thí dụ như truyền động cho các trục của rôbot, giữa động cơ truyền động và các trục người ta sẽ lắp vào hộp số không chuyển đổi với tỷ lệ truyền động lớn để làm chậm đi vận tốc. Thuộc về loại này gồm có hộp số với bánh răng tròn răng thẳng, trục vít, bánh răng côn, bánh răng hành tinh và bánh răng điều hòa.

Hộp số với bánh răng tròn răng thẳng, trục vít, bánh răng côn

Động cơ truyền động (**Hình 1**) có hai cấp bánh răng, mỗi cấp có một tỷ lệ truyền động vào khoảng $i = 4$. Như vậy vận tốc của trục ra bằng 4. 4 = 16 lần nhỏ hơn vận tốc của động cơ, mômen quay trục ra bằng 16 lần lớn hơn mômen quay được đưa vào. Về cơ bản, tỷ lệ truyền động không thể lớn hơn $i = 6$ cho mỗi cấp bánh răng, vì như thế số răng của bánh răng truyền động sẽ quá nhỏ. Qua đó răng sẽ có một dạng răng không thuận lợi. Tỷ lệ truyền động lớn hơn chỉ có thể đạt được qua các cấp bánh răng nữa.



Hình 1: Động cơ truyền động

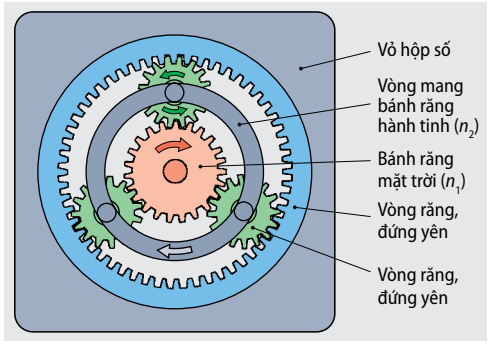
Ưu điểm: Cho công suất từ nhỏ đến rất lớn, chắc chắn, rất chính xác và tỷ lệ truyền động đều (ổn định).

Thí dụ ứng dụng: để truyền động cho băng chuyền vận chuyển, chân vịt tàu thủy, cơ cấu trục cán (giàn trục lăn), máy in.

5.8.2.3 Hộp số hành tinh

Một hộp số hành tinh đơn giản gồm bánh răng mặt trời (thái dương) ở giữa, và vành răng (bánh răng rỗng), những bánh răng hành tinh và vòng mang bánh răng hành tinh (**Hình 2 và 3**). Tất cả những bánh răng đều luôn ăn khớp vào nhau.

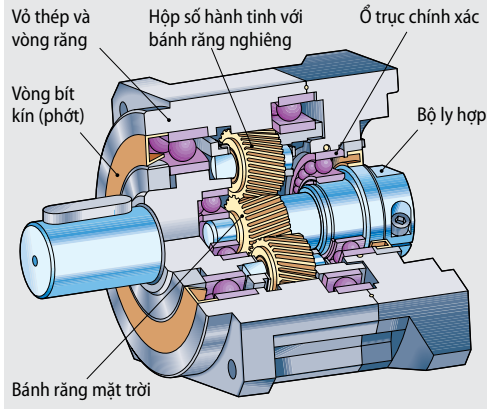
Trong hộp số hành tinh ở hình 2 và hình 3, bánh răng mặt trời được truyền động (n_1). Công suất đầu ra được chuyển đến (thực hiện qua) vòng mang bánh răng hành tinh (n_2). Vòng răng được giữ chặt và không quay. Như thế những tỷ lệ truyền động $i = n_1/n_2$ cho vận tốc chậm hơn đến khoảng 10 lần có thể thực hiện được. Vì hộp số hành tinh không những chỉ được truyền động qua bánh răng mặt trời mà lại còn qua vòng răng hay vòng mang bánh răng hành tinh nữa, nên với một hộp số ta có thể có những tỷ lệ truyền động khác nhau. Vì vậy hộp số hành tinh đặc biệt phù hợp cho hộp số tự động trong ô tô.



Hình 2: Tên và chuyển động quay ở hộp số hành tinh

Ưu điểm: Phù hợp cho mômen quay từ nhỏ đến lớn cũng như cho tốc độ truyền động lớn và nhỏ, thiết kế gọn, truyền động và đầu ra nằm trên một trục.

Thí dụ ứng dụng: Trong truyền động trục của rôbot, mâm quay, máng trữ thay đổi dụng cụ, thiết bị điều chỉnh gấp bộ phận của máy bay.



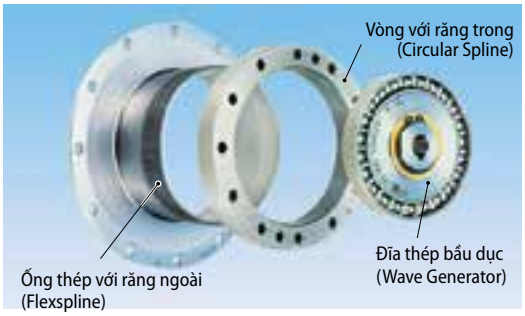
Hình 3: Hộp số hành tinh

5.8.2.4 Bộ truyền động bánh răng điều hòa (Hình 1)

Cấu trúc (**Hình 1**). Tỷ lệ truyền động của tốc độ truyền động (đầu vào) chậm đi được thực hiện qua

- Một ống thép hình trụ (mềm) có thể biến dạng được với răng ngoài ("**Flexspline**")
- Một vòng ngoài hình trụ cứng với răng trong ("**Circularspline**")
- Một đĩa thép hình bầu dục với một vòng bi bị co lại cũng có hình bầu dục với vòng lăn mỏng ("**Wave Generator**").

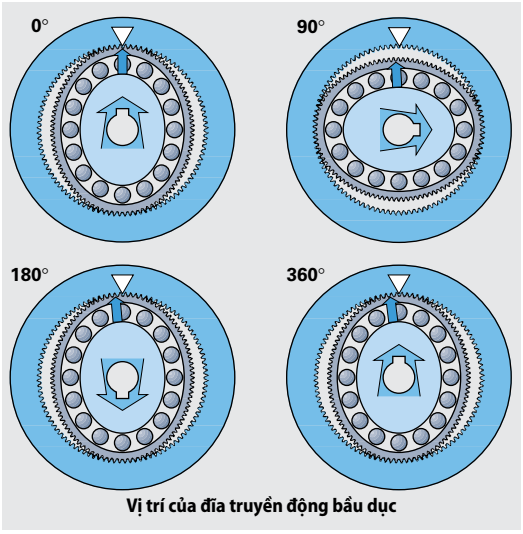
Răng ngoài của ống thép có số răng ít hơn 2 cái so với số răng trong của vòng ngoài.



Hình 1: Bộ truyền động bánh răng điều hòa

Vận hành. Đĩa bầu dục được truyền động làm biến dạng ống thép mỏng nhờ vòng ngoài của vòng bi. Qua đó răng ngoài của ống thép trong vùng của trục lớn bầu dục tiếp xúc vào răng trong vòng ngoài.

Vùng tiếp xúc di chuyển khi quay (**Hình 2**). Khi vòng ngoài bị giữ lại, ống thép chuyển động như là đầu ra, trong 1 vòng quay của đĩa truyền động thêm 2 răng so với vòng ngoài ngược với hướng truyền động. Qua số răng nhiều của việc cắt răng nhuyễn, thí dụ như 200, ta sẽ nhận được tỷ lệ truyền động rất lớn i = 200:2 =100.



Hình 2: Chuyển động quay ở bộ truyền động bánh răng điều hòa

Lợi điểm: Tỷ lệ truyền động đến 160:1, truyền động không có độ rơ, không phải bảo trì, không gian thiết kế gọn.

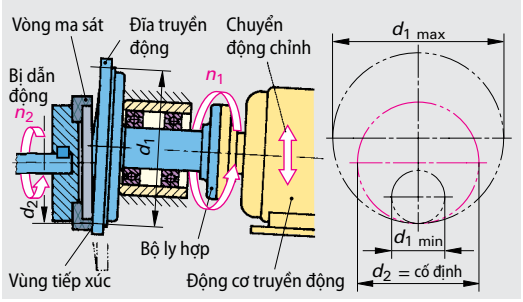
Những thí dụ ứng dụng: Truyền động trục ở robot, truyền động trong mô phỏng bay, theo dõi ăng ten parabol lớn, trong truyền động của máy in.

5.8.2.5 Hộp số với truyền động vô cấp

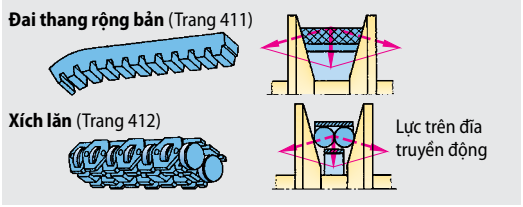
Qua truyền động vô cấp, tốc độ đầu ra với vận tốc truyền động không đổi sẽ được chỉnh vô cấp giữa tốc độ nhỏ nhất và lớn nhất. Những tỷ lệ truyền động khác nhau sẽ đạt được qua việc điều chỉnh đường kính tác dụng của đĩa truyền động và đĩa bị dẫn động.

Trong truyền động vô cấp, đĩa truyền động kéo theo đĩa bị dẫn động trực tiếp hay qua con lăn hoặc phương tiện kéo bằng kết nối lực hay kết nối khớp. Truyền động vô cấp được thiết kế với nhiều loại khác nhau.

Truyền động bằng đĩa ma sát có một đĩa truyền động hình côn mà đường kính tác dụng được thay đổi để cho động cơ với đĩa truyền động bị đẩy ngang (xuyên tâm) so với trục bị dẫn động (**Hình 3**).



Hình 3: Truyền động với bánh ma sát

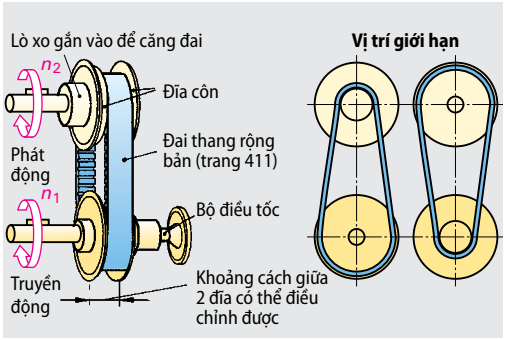


Hình 4: Phương tiện (dây) kéo của hộp số với kết nối lực

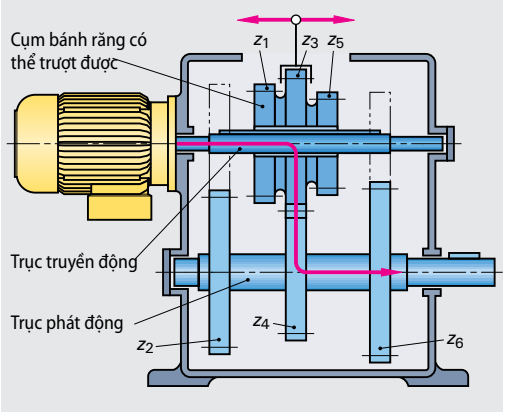
Hộp số dây kéo truyền chuyển động từ trục dẫn động đến trục phát động bằng đai hay xích (**Hình 4, trang 428**). Phần lớn hộp số có 2 cặp đĩa côn mà khoảng cách giữa chúng có thể thay đổi được (**Hình 1**). Qua việc thay đổi đường kính tác dụng, người ta có thể điều chỉnh vận tốc không chỉ nhanh lên mà còn chậm đi nữa.

Trong hộp số vô cấp, đường kính có hiệu quả (tác dụng) của đĩa côn và qua đó tỷ lệ truyền động, được thay đổi.

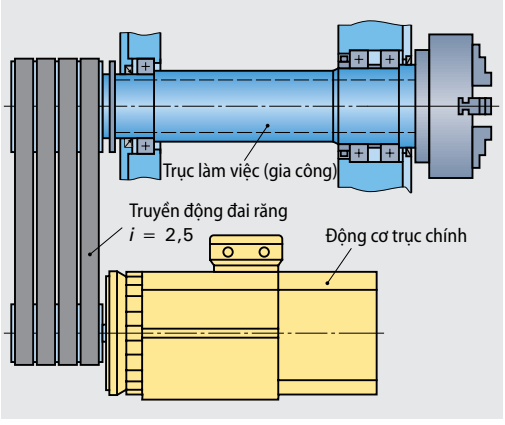
Cho truyền động chạy trong điều kiện khô, phần lớn người ta sử dụng đai thang rộng bản làm phương tiện kéo. Qua đó người ta đạt được một sự vận hành êm, giảm rung. Với dây đai rộng bản, đoạn đường điều chỉnh của đĩa truyền động lớn hơn và như thế một vùng điều chỉnh tỷ lệ truyền động lớn hơn khi sử dụng đai thang bình thường.



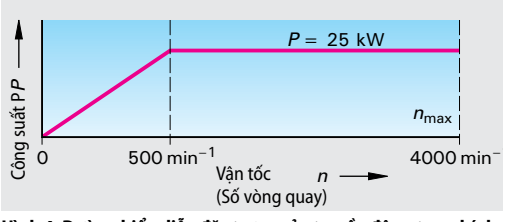
Hình 1: Hộp số đai thang rộng bản



Hình 2: Hộp số bánh răng trượt



Hình 3: Truyền động trục chính



Hình 4: Đường biểu diễn đặc trưng của truyền động trục chính

Ôn tập và đào sâu

1. Hộp số có nhiệm vụ gì?
2. Người ta phân biệt mấy loại hộp số cơ?
3. Khi động cơ truyền động chỉ có một vận tốc, người ta làm thế nào để thực hiện 6 vận tốc khác nhau qua một hộp số với cụm bánh răng trượt?
4. Hộp số vô cấp có lợi điểm nào?
5. Hộp số nào có thể thực hiện tỷ lệ truyền động lớn để vận tốc nhỏ hơn?
6. Hộp số với cụm bánh răng trượt **Hình 2** được truyền động với 40 kW tại 910 / min. Số lượng răng là:

   $z_1 = 34; z_2 = 54; z_3 = 44; z_4 = 44; z_5 = 54; z_6 = 44.$

   Hãy tính:

   a. Tỷ lệ truyền động của từng cấp.

   b. Công suất, mômen quay và vòng quay tại tỷ lệ truyền động lớn nhất với hiệu suất là 92%.
7. Truyền động trục chính của một máy tiện (**Hình 3**) làm việc theo đường biểu diễn đặc trưng mô tả trong **Hình 4**

   a. Mômen quay đầu ra từ động cơ tại các vận tốc 500/min, 2000/min và 4000/min là bao nhiêu?

   b. Truyền động đai răng giữa động cơ và trục chính có tỷ lệ truyền động i = 2,5. Tỷ lệ này tác động thế nào trên mômen quay và vòng quay tại trục chính?

5.8.3 Truyền động thẳng (Truyền động tuyến tính)

Tại máy nhiều chuyển động thẳng (tuyến tính) được thực hiện.

Những thí dụ của chuyển động thẳng:

- Chuyển động dẫn tiến ở máy công cụ
- Chuyển động của thiết bị xử lý thao tác (tay máy)
- Chuyển động nâng ở xe nâng có càng
- Chuyển động đóng ở máy đúc phun
- Chuyển động vận chuyển tại băng chuyền lắp ráp
- Chuyển động nâng ở máy ép (Máy dập)

Chuyển động thẳng được thực hiện hoặc là qua xi lanh khí nén hay thủy lực hay là qua chuyển đổi từ chuyển động tròn sang chuyển động thẳng qua lại.

■ Truyền động thẳng (tuyến tính) với xi lanh

Xi lanh khí nén (Trang 481) có và không có ti (cần pittông) được sử dụng ở chỗ những lực đẩy nhỏ và chuyển động nhanh (**Hình 1**).

Xi lanh thủy lực (trang 498) ngược lại có thể cung cấp các lực lớn ngay từ những xi lanh có đường kính nhỏ. Đường chạy của xi lanh khí nén và thủy lực được điều chỉnh bằng chốt chặn hay được điều khiển với hệ thống đo hành trình (đường di chuyển) kết nối với một mạch điều chỉnh vị trí.

■ Truyền động thẳng qua chuyển đổi từ một chuyển động tròn

Với động cơ điện, việc truyền động tin cậy với giá cả thuận lợi có thể thực hiện được. Để có được chuyển động tuyến tính, chuyển động quay phải được biến đổi thành chuyển động thẳng. Việc biến đổi có thể thực hiện qua truyền động đai, xích và thanh răng hay qua trục ren với đai ốc. Động cơ tuyến tính tạo ra trực tiếp một chuyển động thẳng.

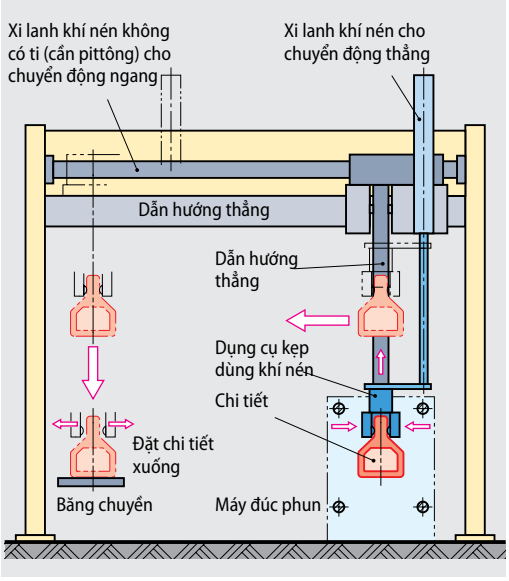
■ Truyền động đai và truyền động xích

Đai hay xích được truyền động từ một động cơ hộp số mang theo chi tiết và palét ở hệ thống vận chuyển (**Hình 2 và 3**). Tốc độ vận chuyển tương đương với tốc độ ở chu vi của bánh đai truyền.

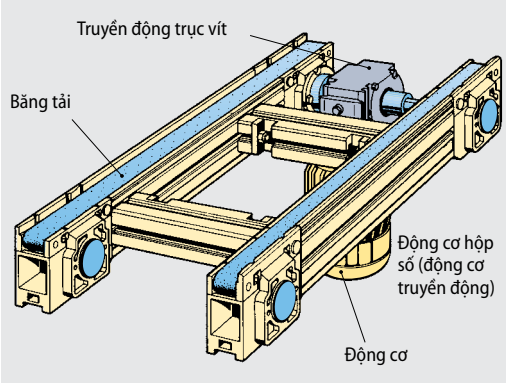
Thí dụ: Truyền động một băng tải qua một động cơ hộp số (n_{mot} = 1420/min, i = 60: 1) với một bánh đai truyền d = 80 mm. Vận tốc vận chuyển v là bao nhiêu?

Lời giải: $v = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{mot}}{i} = \frac{\pi \cdot 0{,}08\ \text{m} \cdot 1420\ \frac{1}{\text{min}}}{60}$

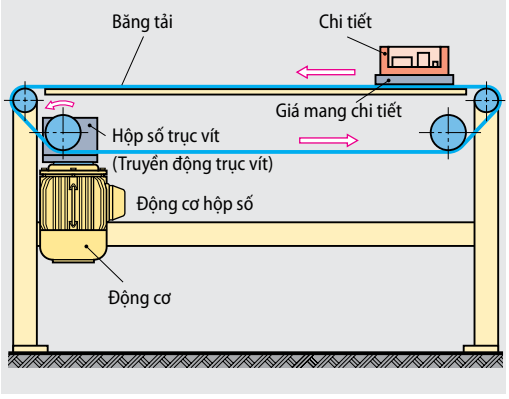
$= 5{,}95\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$



Hình 1: Thiết bị xử lý thao tác ở một máy đúc phun



Hình 2: Cấu trúc một băng chuyền



Hình 3: Băng tải

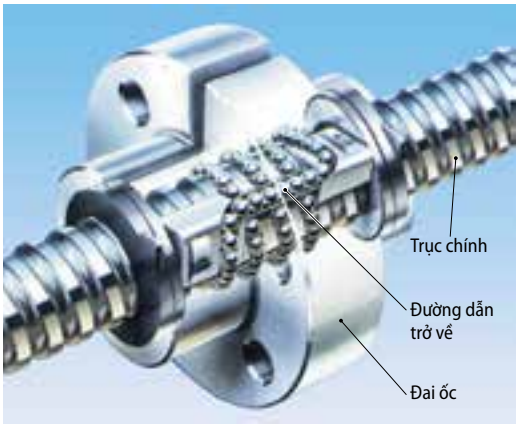
■ Trục ren với đai ốc

Trong truyền động với trục ren và đai ốc, trục ren được truyền động và qua đó đẩy đai ốc, được gắn vào cấu kiện cần được chuyển động. Từ vòng quay n và bước ren P của trục ta có tốc độ dẫn tiến $v = n.P$.

Trục ren hình thang và truyền động bằng ren cầu được sử dụng cho truyền động thẳng.

Trục ren hình thang được sử dụng thí dụ như vít bước tiến trong máy tiện đơn giản hay trong êtô. Nó có độ ma sát tương đối lớn và vì thế được giữ lại bằng ma sát. Do đó phần lớn vị trí nghỉ không cần phải khóa một cách đặc biệt.

Truyền động bằng ren cầu thì ngược lại, chuyển động vô cùng dễ dàng và có thể chỉnh không có độ rơ, nhưng không thể giữ lại bằng ma sát (**Hình 1**). Ở truyền động bằng ren cầu, vòng ổ bi (rãnh chạy) cho bi trong trục và đai ốc được tôi và mài. Vì những viên bi chạy theo hướng trục khi trục quay, ở cuối đai ốc bi phải được thu lại qua một kênh hồi tiếp. Hệ truyền động bằng ren cầu được gắn trong truyền động dẫn tiến của máy NC (**Hình 2**). Nó cũng cho phép chuyển động với một vận tốc rất nhỏ mà không bị xóc khi trượt (Hiệu ứng dính trượt). Nhờ vậy mà vị trí của bàn trượt có thể đạt được rất chính xác. Vì truyền động bằng ren tròn không thể giữ lại bằng ma sát, bàn máy phải được giữ chặt bằng cái kẹp trong vị trí nghỉ.



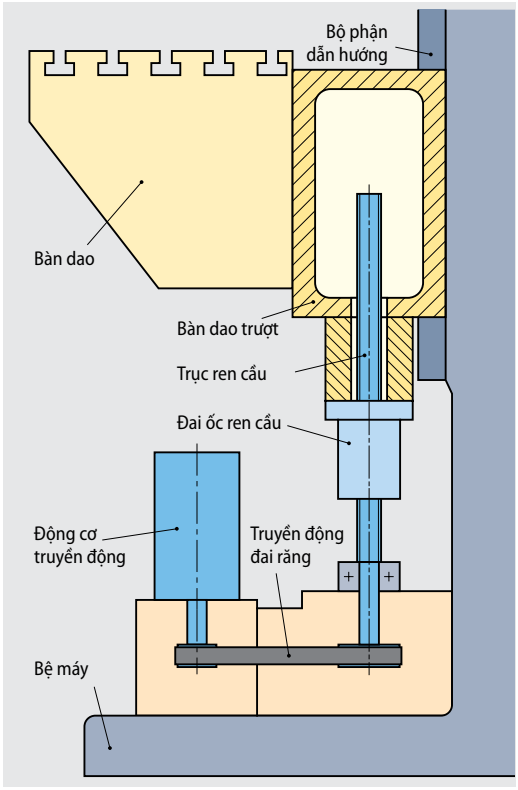
Hình 1: Hệ truyền động bằng ren cầu

Lợi điểm của truyền động bằng ren cầu

- Chuyển động nhẹ nhàng nhờ ma sát ít
- Có thể điều chỉnh không khe hở (không có độ rơ)
- Bị cong ít ngay cả khi chịu tải lớn

■ Bánh răng với thanh răng

Trục rỗng của máy khoan hầu hết được truyền động qua chuyển động quay của một bánh răng trên một thanh răng. Truyền động dẫn tiến của một máy tiện đơn giản có vít me và trục dẫn tiến dọc theo hướng trục được thực hiện qua bánh răng và thanh răng.



Hình 2: Truyền động trục Z của một máy phay NC

Ôn lại và đào sâu

1. Có bao nhiêu loại truyền động cho chuyển động thẳng?
2. Vận tốc của một truyền động dẫn tiến bằng thủy lực được chỉnh như thế nào?
3. Những lợi điểm của một truyền động bằng ren cầu?
4. Bàn dao của một máy cần phải di chuyển với một vận tốc $v = 4000$ mm/min. Hệ truyền động bằng ren tròn được lắp vào có bước ren $P = 4$ mm. Vòng quay cần thiết cho trục chính là bao nhiêu?

5.9 Kỹ thuật lắp ráp

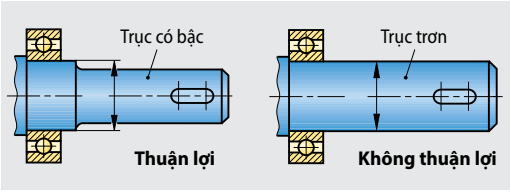
Lắp ráp trong chế tạo máy bao gồm tất cả các việc làm cần thiết để sản xuất một sản phẩm có thể hoạt động được từ những chi tiết rời đã được gia công hoàn chỉnh do tự sản xuất hay mua ngoài.

5.9.1 Kế hoạch lắp ráp

■ Điều kiện tiên quyết

Kế hoạch lắp ráp bắt đầu ngay từ khâu thiết kế. Người thiết kế phát triển những chi tiết rời sao cho chúng có thể được ráp với nhau đơn giản và nhanh cũng như có thể tháo rời trở lại theo nhu cầu. Thí dụ như vòng bi trong **Hình 1** có thể lắp ráp nhanh hơn với trục bậc.

Bảo đảm chất lượng là phải bảo đảm những chi tiết rời có thể hoàn thành chức năng, được làm sạch và cắt rìa xờm (làm sạch ba via) để lắp ráp.



Hình 1: Thiết kế phù hợp cho lắp ráp

■ Kế hoạch lắp ráp

Ngoài những bản vẽ cần thiết cho việc lắp ráp thì kế hoạch lắp ráp còn có những hướng dẫn việc thực hiện quy trình lắp ráp.

Thành phần của kế hoạch lắp ráp

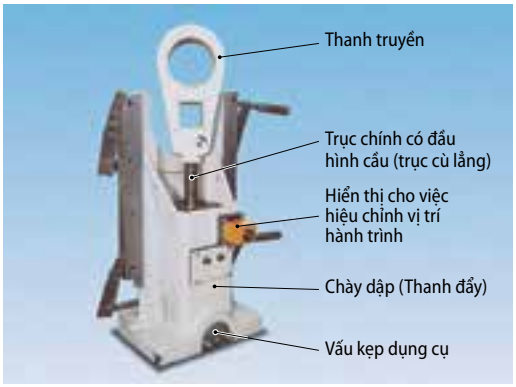
- Trình tự của việc ráp lại với nhau
- Gá, dụng cụ và phương tiện phụ trợ cần thiết
- Dụng cụ đo và kiểm tra
- Thời gian định mức cho việc lắp ráp

Thuộc về kế hoạch lắp ráp là tất cả những gì cần thiết cho việc lắp ráp, được chuẩn bị sẵn sàng sử dụng với thời gian định mức tại nơi lắp ráp (**Hình 2**).

Hình 2: Kế hoạch lắp ráp

■ Các bước lắp ráp

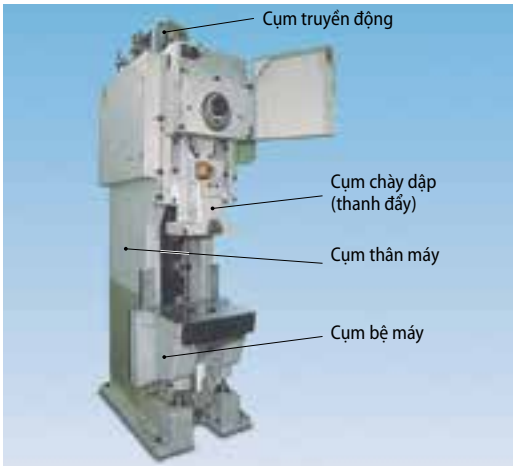
Lắp ráp cụm. Trong nhiều trường hợp, điều tiện lợi là lắp ráp những chi tiết rời để thành **cụm** trước tiên (**Hình 3**). Nhằm bảo đảm cho sự chính xác trong việc lắp ráp và với sự chính xác đó bảo đảm tính hữu dụng của máy, ngay ở công đoạn này, vị trí đối nhau của chi tiết rời được kiểm soát. Sai lệch xác định sẽ được xử lí thông qua điều chỉnh hoặc gia công lại.



Hình 3: Cụm lắp ráp chày dập của máy dập lệch tâm

Lắp hoàn chỉnh. Trong lắp ráp cuối cùng, những cụm được lắp ráp lại với nhau để cho ra máy hoặc thiết bị hoàn chỉnh (**Hình 4**).

Tháo rời: Để kiểm tra hoặc sửa chữa cũng như dễ dàng hơn trong việc vận chuyển đối với máy lớn, những sản phẩm hoàn tất đã lắp ráp được tháo rời. Giống như lắp ráp, việc tháo rời cũng phải lên kế hoạch chi tiết.

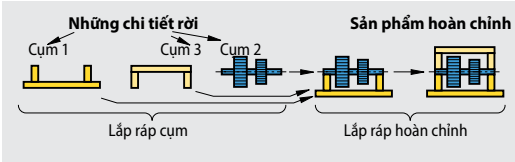


Hình 4: Lắp ráp cuối cùng của máy dập lệch tâm

5.9.2 Dạng tổ chức lắp ráp

■ Trình tự lắp ráp không phân nhánh và phân nhánh

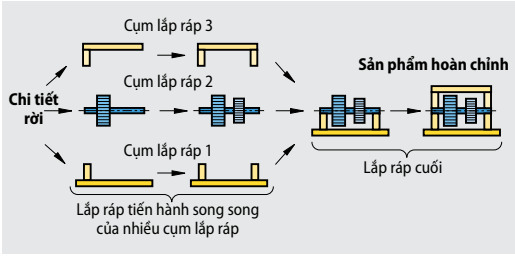
Ở trình tự lắp ráp không phân nhánh thì hoạt động lắp ráp được tiến hành kế tiếp nhau (**Hình 1**), còn ở phân nhánh được tiến hành song song (**Hình 2**).



Hình 1: Trình tự lắp ráp không phân nhánh

■ Lắp ráp dây chuyền

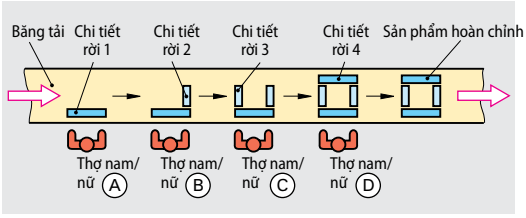
Ở **lắp ráp dây chuyền** những nhóm thiết bị (cụm lắp ráp) hoặc máy hoàn chỉnh, thí dụ tại những băng tải hoặc đường treo, được lắp ráp trượt theo hoặc tại chỗ cố định. Nó được áp dụng cho sản xuất hàng loạt với số lượng lớn hơn. Ở **dây chuyền lắp ráp trượt** (**Hình 3**) các sản phẩm lắp ráp di chuyển ngang qua người thợ, thí dụ trong lắp ráp xe hơi ở giai đoạn cuối. Ở **lắp ráp dây chuyền cố định,** sản phẩm được sản xuất hàng loạt thí dụ như máy phay. Tại đây người thợ di chuyển đến những vị trí lắp ráp riêng lẻ (**Hình 4**).



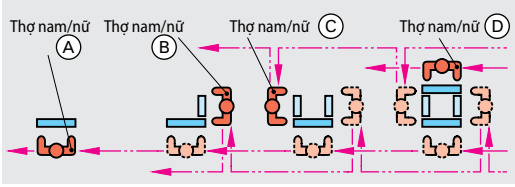
Hình 2: Trình tự lắp ráp phân nhánh

■ Lắp ráp cố định

Ở **lắp ráp cố định** việc lắp ráp được thực hiện tại một trạm cố định. Thí dụ máy công cụ lớn và máy ép lớn được lắp ráp tại trạm cố định (**Hình 5**). Ưu điểm là những phần nặng của máy không phải di chuyển trong khi lắp ráp. Khuyết điểm là chi tiết rời hoặc những nhóm thiết bị đã được lắp ráp trước cũng như đồ gá phải được vận chuyển đến trạm lắp ráp.



Hình 3: Dây chuyền lắp ráp trượt



Hình 4: Lắp ráp dây chuyền cố định

Nhóm lắp ráp

Thời gian sản xuất với lắp ráp dây chuyền ngắn hơn so với lắp ráp cố định, vì người thợ luôn luôn thực hiện công việc giống nhau với ít động tác xử lí. Vì thế để tránh đơn điệu trong quy trình lắp ráp, nhiều người thợ có thể liên kết thành nhóm lắp ráp. Nhóm này lắp ráp thí dụ nhóm thiết bị hoặc toàn bộ một cái máy.

5.9.3 Tự động hóa lắp ráp

Lắp ráp thực hiện phần lớn bằng thủ công, vì nhiều trình tự lắp ráp khó tự động hóa. Tự động hóa chỉ có ý nghĩa cho sản xuất hàng loạt với số lượng lớn thí dụ như tấm kính chắn gió được dán vào xe do robot trong sản xuất ô tô.

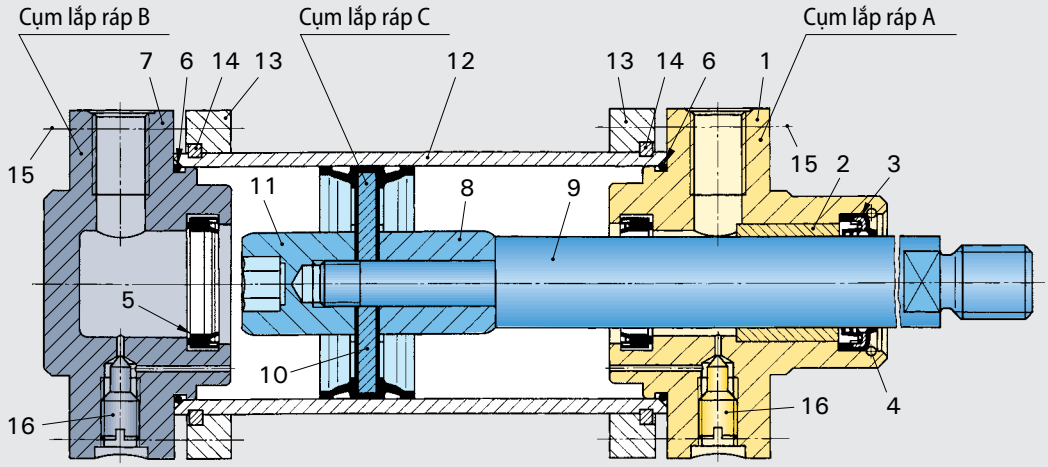
Tự động hóa lắp ráp cần phải:

- Làm tăng chất lượng sản phẩm
- Rút ngắn thời gian lắp ráp
- Làm tăng năng suất lao động

Hình 5: Lắp ráp cố định của máy ép chày

5.9.4 Những thí dụ lắp ráp

5.9.4.1 Lắp ráp xi lanh khí nén



Danh sách chi tiết: Xi lanh khí nén					
Vị trí	Số lượng	Tên	Vị trí	Số lượng	Tên
1	1	Nắp trước	9	1	Cây ti pittông
2	1	Bạc dẫn hướng	10	1	Pittông
3	1	Phớt chặn bụi	11	1	Pittông giảm chấn
4	1	Vòng chặn đàn hồi	12	1	Xi lanh
5	2	Roăng–giảm chấn	13	2	Mặt bích xi lanh
6	2	Vòng-O	14	2	Vòng chặn (circlip)
7	1	Nắp đáy	15	8	Vít lục giác chìm
8	1	Pittông giảm chấn	16	2	Vít chỉnh giảm chấn

Hình 1: Xi lanh khí nén - bản vẽ tổng thể và danh sách chi tiết

Xi lanh khí nén (**Hình 1**) gồm nhóm thiết bị (cụm lắp ráp) A (đầu xi lanh), nhóm thiết bị B (đáy xi lanh) và nhóm thiết bị C (pittông). Trước tiên mỗi nhóm thiết bị được lắp ráp riêng. Sau đó các nhóm thiết bị cùng với chi tiết rời khác được ráp lại với nhau cho ra xi lanh khí nén.

■ Cụm A

Trước tiên bạc dẫn hướng (2) có bôi nhẹ lớp mỡ tại đường kính ngoài được lắp ghép với nắp trước (1) qua sự hỗ trợ của máy ép thủy lực (**Hình 1, trang 435**). Một bulông có bậc được sử dụng như dụng cụ trợ giúp định tâm ống lót vào đường kính trong của nó. Sau đó bộ phớt chặn bụi (3) được ép đến mặt tựa trong lỗ khoan tiếp nhận đã bôi mỡ với sự trợ giúp của một ống lót. Vị trí của nó được xác định bởi vòng hãm (vòng chặn đàn hồi) (4).

Vòng bít (**roăng**) **giảm chấn** (5) làm từ nhựa cao su đàn hồi, được đẩy vào bằng tay và đưa vào trong lỗ khoan. Nó tự định tâm trong rãnh khoan sau khi buông tay ra, trong đó nó phải có một độ rơ nhỏ dọc trục. Cuối cùng **vòng-O** (6) đã bôi mỡ trước đó được đặt vào trong rãnh có sẵn của nắp trước. Không được làm nó hư hại khi lắp ráp.

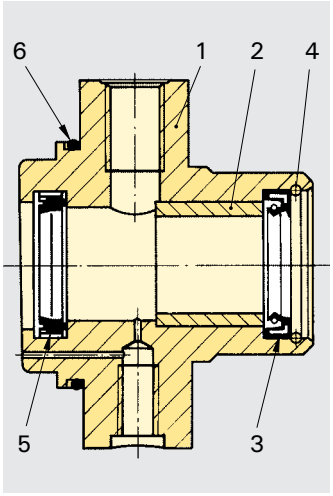
■ Cụm B

Gồm có **nắp đáy** (7) và những **roăng** (5) và (6) (**Hình 2**). Nó được lắp ráp như những roăng tương đương của cụm A.

■ Cụm C

Nhóm thiết bị (Cụm) C gồm tất cả các phần nối kết chặt với pittông (10) (**Hình 3**).

Trước tiên, bộ phận **pittông giảm chấn** (8) được đẩy vào trên phần cắt bước đã được bôi nhẹ lớp mỡ của **cây ti** (**cần pittông**) (9). **Pittông** (10) gồm một đĩa kim loại được bọc lớp cao su và hai mép làm kín được đẩy vào trên thanh pittông. Cuối cùng **pittông giảm chấn** (11) được vặn vào ren của cây ti pittông và được siết bằng chìa khóa sáu cạnh với một mômen xoắn (ngẫu lực siết) đã được định trước. Chìa vặn dùng cho việc chặn giữ đai ốc đứng yên, đặt vào chỗ mặt vạt để chịu của phần 9. Qua đó, những chi tiết được kẹp chặt đều và pittông (10) được bít kín tại mặt đầu của pittông giảm chấn (8) và (11).



Hình 1: Cụm A

■ Lắp ráp hoàn tất

Thứ tự. Trước tiên những **mặt bích xi lanh** (13) được đẩy qua **xi lanh** (12) và **vòng chặn** (circlip) (14) được đặt vào rãnh ở trong ống xi lanh (Hình 1, trang 434).

Trước khi lắp cụm C vào trong cụm A thì cây ti được bôi mỡ và sau đó đưa vào trong bạc dẫn hướng (2) của nắp trước. Trong quá trình đó phải đặc biệt chú ý là không được làm hư hại những vòng bít (roăng).

Sau đó những ngăn chứa chất bôi trơn tại pittông (10) được bôi đầy mỡ. Những ngăn này nằm ở giữa những mép làm kín và phần dẫn hướng và chia ra bởi những đường ngăn dọc trục thành nhiều túi. Pittông đã được nối kết được đưa vào cẩn thận trong xi lanh (12) xuyên qua cây ti pittông với cụm A để không làm hư mép làm kín của pittông và với nắp trước được đẩy vào trong nòng xi lanh, cho đến mặt phẳng của xi lanh, lỗ vạt của nó được làm kín bởi vòng O, nằm ở nắp trước (1).

Với **4 vít lục giác chìm** (15), mà trước tiên ở những vị trí chéo nhau được vặn vào nhẹ, sau đó mạnh dần và cuối cùng vặn chặt với mômen xoắn đã được quy định, nắp trước được vặn vít với mặt bích xi lanh.

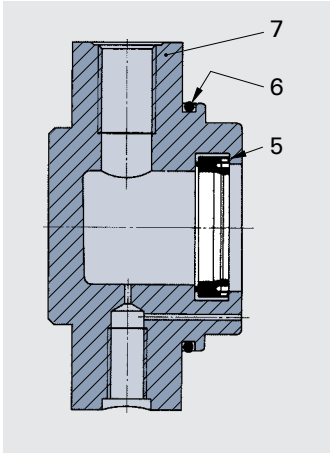
Tương tự như thế cụm lắp ráp B được vặn vít với mặt bích của xi lanh.

Kiểm soát cuối bắt đầu với việc **kiểm tra tính dễ di chuyển**. Qua đó pittông được chuyển động đến vị trí cuối bằng việc đẩy thanh pittông theo hướng dọc trục.

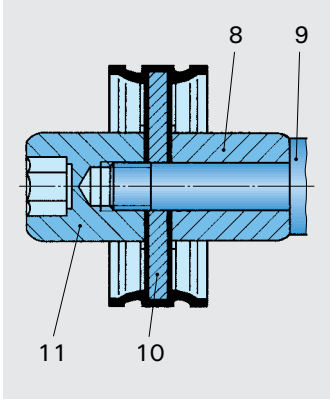
Kiểm tra độ kín (độ rò) diễn ra sau khi **vặn vít chỉnh giảm chấn** (16). Tất cả bộ phận bít kín được kiểm tra trước tiên bằng áp suất khoảng 1bar, sau đó hai ngăn xi lanh được kiểm tra độ kín với áp suất 6 bar.

Trong **kiểm tra chức năng** chung cuộc, việc giảm chấn ở vị trí cuối với vít chỉnh giảm chấn (16) được chỉnh. Sau đó vít chỉnh giảm chấn được giữ không bị long ra qua biến dạng cơ ở vành trên của lỗ khoan.

Sau khi **dán bảng ghi loại thiết bị** thì xi lanh khí nén được đóng gói kín với màng co để gửi đi.

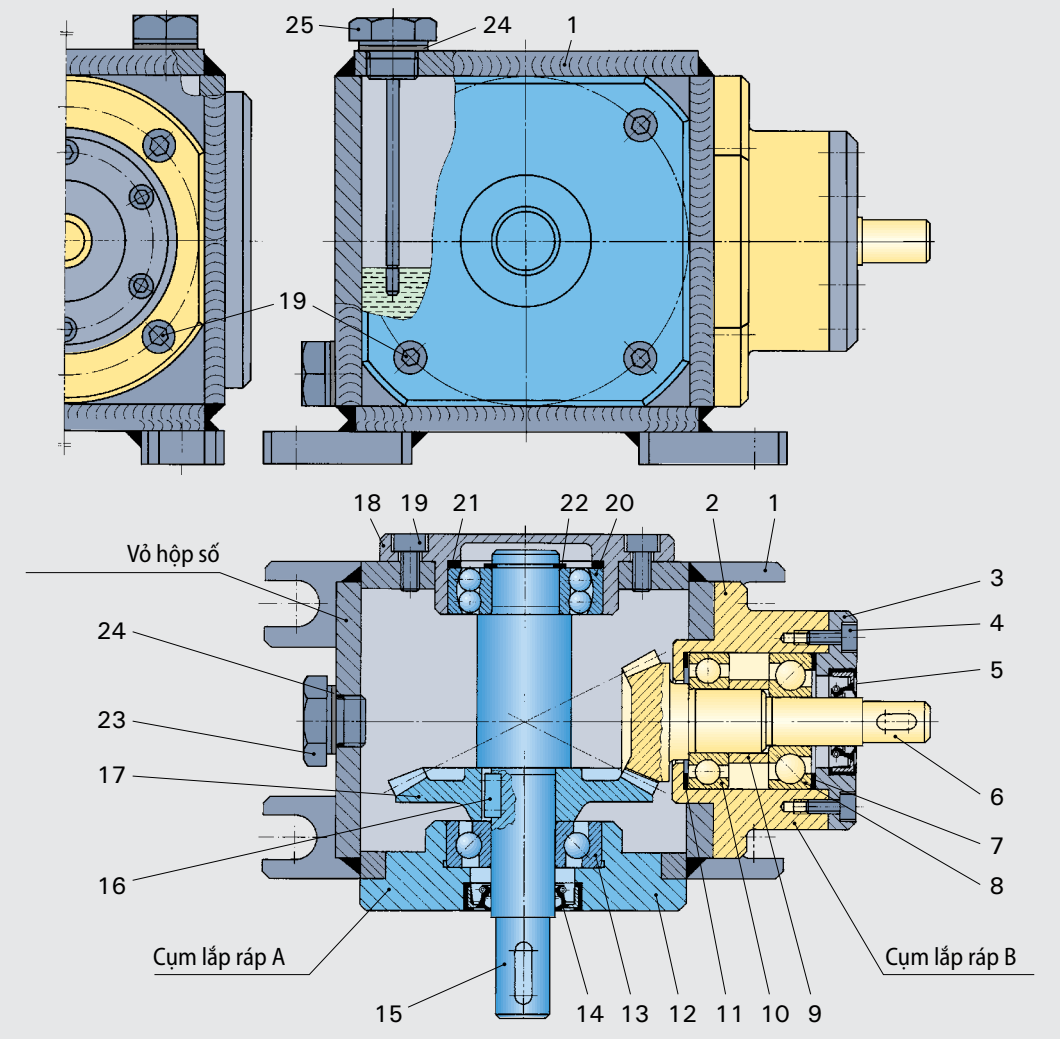


Hình 2: Cụm B



Hình 3: Cụm C

5.9.4.2 Lắp ráp hộp số bánh răng côn



Danh sách chi tiết: Bộ truyền động bằng bánh răng côn (Hộp số bánh răng côn)								
Vị trí	Số lượng	Tên chi tiết	Vị trí	Số lượng	Tên chi tiết	Vị trí	Số lượng	Tên chi tiết
1	1	Vỏ hộp số	10	1	Vòng bi rãnh sâu	19	12	Vít đầu trụ
2	1	Vỏ bợ trục	11	1	Đệm chính xác	20	1	Vòng bi nhào
3	1	Nắp đậy bợ trục	12	1	Vỏ bợ trục	21	1	Đệm cách đàn hồi
4	6	Vít đầu trụ (tròn)	13	1	Vòng bi đỡ chặn			
5	1	Đệm kín trục quay	14	1	Đệm kín trục quay	22	1	Vòng chặn (circlip)
6	1	Bánh răng côn chủ động	15	1	Trục	23	1	Vít bít kín
7	1	Đệm chính xác	16	1	Then bằng	24	2	Vòng đệm phẳng
8	1	Vòng bi đỡ chặn	17	1	Bánh răng côn	25	1	Vít bít kín với que thăm nhớt
9	1	Vòng cách	18	1	Vỏ bợ trục			

Hình 1: Hộp số bánh răng côn - bản vẽ tổng thể và danh sách chi tiết

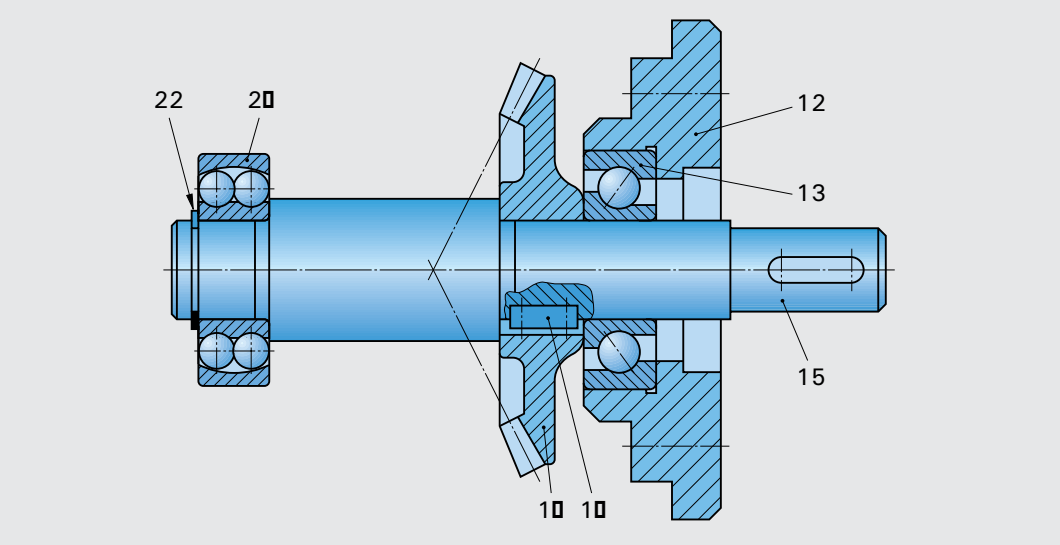
Hộp số bánh răng côn (**Hình 1, trang 436**) được lắp ráp thành 2 cụm hoàn chỉnh trước và sau đó ráp chung lại.

Quy tắc tổng quát về việc lắp ráp hộp số

- Đối với vỏ hộp số có mối hàn thì những mối hàn trong và ngoài vỏ hộp số phải được làm sạch.
- Những ba via do gia công để lại phải được loại bỏ, tất cả cạnh phải được làm cùn.
- Sau khi làm sạch mặt trong vỏ cần có sơn bảo vệ.
- Kích thước của trục và vỏ phải được kiểm tra trước khi lắp ráp.
- Độ lệch hình dạng mặt tựa và độ nhám (độ nhấp nhô) ở vị trí tựa của bợ trục phải được kiểm soát.
- Nơi lắp ráp phải tuyệt đối không có bụi.
- Dầu chống sét rỉ ở ổ bi phải được lau sạch trước khi lắp ráp.

■ Cụm A

Cụm A gồm những phần thiết bị phải được ráp với nhau trước khi lắp ráp hoàn chỉnh với trục (15) (**Hình 1**). Việc lắp ráp thực hiện sau kế hoạch lắp ráp cụm A (**Bảng 1**).



Hình 1: Cụm A

Bảng 1: Kế hoạch lắp ráp cụm A

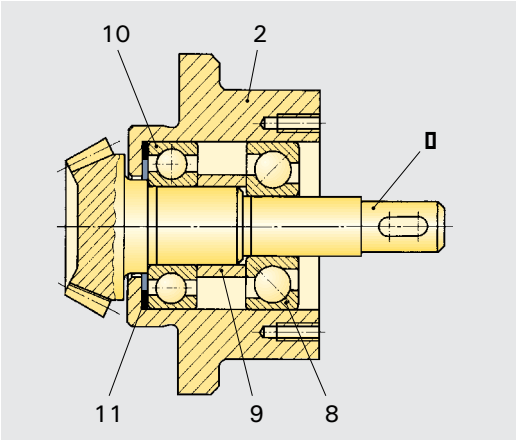
Số thứ tự	Bước thực hiện	Thiết bị làm việc	Hướng dẫn lắp ráp
1	Xử lý ba via và làm sạch cho từng chi tiết rời nếu cần thiết, kiểm tra sự nguyên vẹn của chi tiết rời		
2	Lắp then (16) vào trục (15)		
3	Ép bánh răng côn (17) vào trục (15)	Máy ép thủy lực, bạc lắp ráp	Tra dầu sơ cho trục, định vị lỗ khoan vào then
4	Ép vòng bi (13) lên trục (15)	Thiết bị làm nóng, máy nén thủy lực, bạc lắp ráp	Nhiệt độ vòng bi tối đa 100^{0}C, Lực ghép vào phải tác dụng trên vòng trong, kiểm tra khe hở của vòng bi.
5	Nén vòng bi (20) trên trục (15)	Như mục số 4	Như mục số 4
6	Lắp ráp vòng hãm (22)	Kềm mở hay kềm bung (trong và ngoài)	
7	Đẩy vỏ bợ trục (12) trên vòng bi		Tra dầu cho lỗ khoan
8	Kiểm tra tính dễ di chuyển của trục (15)		

■ Cụm B

Cụm B bao gồm những bộ phận phải được lắp ráp trong **vỏ bợ trục** (2). Đó là những bộ phận 2–6–8–9–10–11 (**Hình 1**). Sau khi đặt **đệm lót** (11) (nó sẽ được thay đổi bởi một đệm lót khác khi lắp ráp hoàn chỉnh), **vòng bi rãnh sâu** (10) được đẩy vào trong lỗ khoan của vỏ bợ trục, cho đến khi ở giữa các phần 10–11–2 không còn độ rơ nữa.

Vòng cách (9) trong hộp số truyền lực dọc trục trên **vòng trong của ổ bi đỡ và chặn** (8), được định tâm nhờ vào sự trợ giúp của ổ bi đỡ và chặn được đẩy vào trong lỗ khoan sau đó.

Vòng trong của ổ bi đỡ và chặn được tựa vào với ống lót để **ép bánh răng côn chủ động** (6).



Hình 1: Cụm B

■ Lắp ráp hoàn tất

Cài đặt cụm A. Cụm A được đưa vào trước cùng với vòng bi nhào (20) trong vỏ hộp số, sau khi chất bít kín dạng lỏng được bôi vào bề mặt tựa của vỏ bợ trục (12) trong **vỏ hộp số** (1) (**Hình 1, trang 439**). Qua đây vỏ bợ trục được đẩy và xoay vào trong lỗ khoan vỏ hộp số sao cho những lỗ xuyên qua vỏ bợ trục thẳng hàng với những lỗ khoan có ren trong vỏ hộp số.

Qua việc vặn vào và vặn chặt nhẹ **vít đầu trụ** (19) thì vỏ bợ trục và vỏ hộp số được kết nối với nhau. Sau khi đặt **đệm cách đàn hồi** (21) trong **vỏ bợ trục** (18) thì vỏ bợ trục được đẩy vào lỗ khoan của vỏ hộp số và cùng lúc qua vòng ngoài của vòng bi nhào (20), sau khi bôi vòng chất lỏng lên mặt phẳng của vỏ bợ trục.

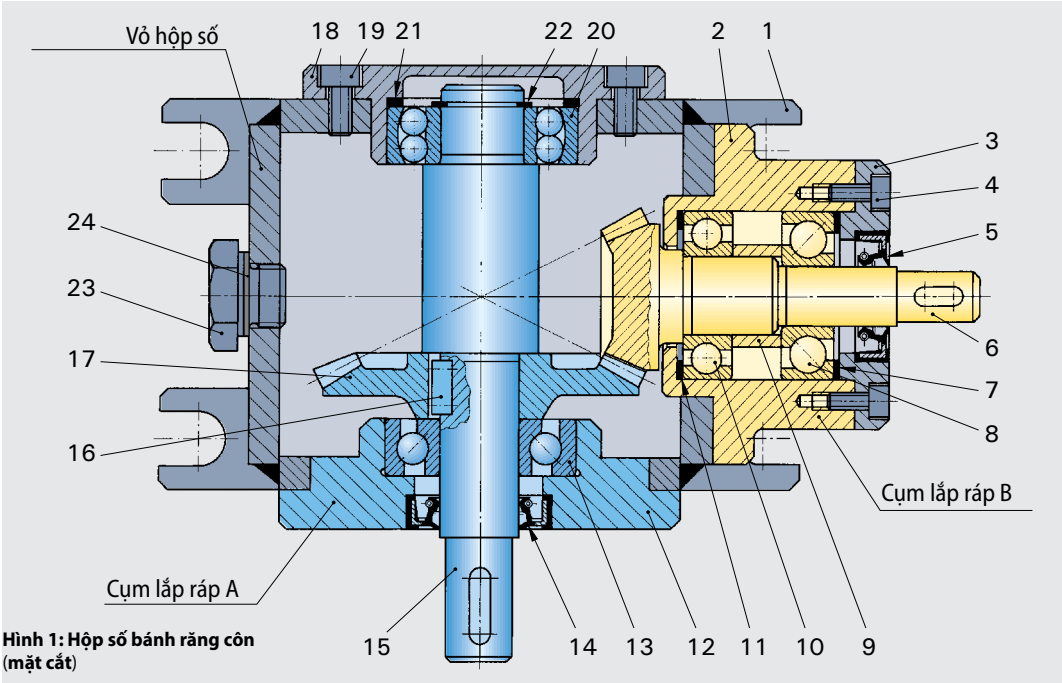
Vít đầu trụ (vít lục giác chìm) được vặn vào cả hai nơi với mômen đúng sau khi chỉnh vỏ bợ trục. Tiếp theo là việc kiểm tra tính dễ di chuyển của trục (15).

Cài đặt cụm B. Khi đưa vào trong vỏ hộp số phải để ý đến những vị trí của răng. Độ rơ của răng của bánh răng côn (17) và của bánh răng côn chủ động (6) được xác định qua ghép nối thử. Qua đó vị trí dọc trục bánh răng côn chủ động (6) được khớp thông qua đệm lót có bề dày tương đương (11).

Đầu tiên vỏ bợ trục (2) được đẩy vào trong lỗ khoan của vỏ hộp số cho đến khi chạm vào 3 dưỡng kiểm khe hở với bề dày thí dụ là 0,8 mm nằm hướng tâm chia đều trên mặt phẳng của bên phải thân máy. Bây giờ người ta xác định tính dễ di chuyển qua sự chạy trơn tru của bánh răng cũng như độ hở (độ rơ) có ở giữa các răng của bánh răng côn bằng việc quay bánh răng côn chủ động với nhiều cách khác nhau: quay ngắn, quay nhanh, quay qua, quay lại. Kích thước đúng cho việc lắp ráp sẽ được tìm ra qua việc đẩy cụm lắp ráp B đến gần hơn với các dưỡng kiểm mỏng hơn. Khi ở dưỡng kiểm với bề dày thí dụ như 0,4 mm mà độ dễ di chuyển còn xác định được, cụm B được đưa ra ngoài vỏ và tháo rời vì đệm lót chính xác (11) phải được thay thế bằng một vòng khác dày hơn 0,4 mm.

Sau khi lắp ráp lại, cụm B này được vặn chặt bởi 4 vít đầu trụ tại vỏ hộp số, trước đó chất lỏng bít kín đã được bôi vòng lên mặt phẳng của nó. Sau đó ta thực hiện xác định bề dày đúng của **đệm lót** (7). Khoảng cách giữa những mặt phẳng tương ứng của vỏ bợ trục (2) và nắp bợ trục (3) được xác định qua việc đặt vài đệm lót rất dày với khoảng cách đo. Qua việc cài đặt của một đệm lót mỏng hơn độ lớn khoảng cách đo để đạt tới, sau khi vặn sáu **vít đầu trụ** (4) thì giữa những mặt phẳng không còn độ rơ nữa.

Bây giờ cả hai **đệm kín trục hướng tâm** (5) và (14) được cài đặt. Những đệm kín này phải ở trong vỏ sao cho mép vòng hướng vào bên trong.



Hình 1: Hộp số bánh răng côn (mặt cắt)

Để lắp ráp vòng bít của trục người ta sử dụng ống lót với bề dày mỏng và ở hai phần cuối là phần côn dài tại vòng bên ngoài. Qua các ống lót này, để ngăn ngừa sự hư hao của mép vòng khi kết nối then, thì những vòng đệm kín được đẩy vào trên trục. Vì giữa đường kính ngoài của vòng bít và lỗ khoan bợ trục có độ dôi, nên vòng được ép cho tới mặt tựa mà không bị làm lệch với sự trợ giúp của bạc.

■ Châm dầu

Dầu được rót đầy trong vỏ hộp số qua lỗ khoan của **vít khóa có cây thăm nhớt** (25) (Hình 1, trang 436) sau khi đã vặn chặt **vít khóa** (23) với **vòng đệm phẳng** (**24**). Mức dầu đúng được kiểm soát tại **cây thăm nhớt** của vít khóa (25). Do sức ép bề mặt lớn vào những cạnh của răng nên bắt buộc phải sử dụng dầu được quy định. Sau đó, vít khóa có cây thăm nhớt (25) với **vòng đệm phẳng** (24) được vặn chặt trong vỏ hộp số.

■ Chạy thử

Hộp số bánh răng côn được kiểm tra **có tải** qua nhiều giờ chạy thử. Chạy thử để xác định trước tất cả nguyên nhân gia tăng nhiệt độ do ma sát có giữ được trong giới hạn quy định hay không. Ngoài ra, vỏ được kiểm tra việc có thể rò rỉ.

Sau khi chạy thử thì dầu hộp số, lúc này chứa những phần bào mòn nhỏ, được xả ra. Sau đó lỗ xả dầu được vặn kín lại. Bây giờ, toàn bộ cụm B được kéo ra khỏi vỏ hộp số, để kiểm tra với **hình mẫu của cạnh bánh răng côn**. Sau khi cụm B được lắp ráp lại thì vỏ hộp số được làm đầy dầu mới và sẵn sàng đưa vào sử dụng.

Ôn tập và đào sâu

1. Lắp ráp dây chuyền có ưu điểm nào?
2. Người ta hiểu gì về lắp ráp cố định?
3. Tại sao máy lớn được lắp ráp cố định?
4. Những quy tắc tổng quát nào phải chú ý ở lắp ráp hộp số?
5. Tại sao các vòng bít (roăng) phải được lắp ráp cẩn thận?
6. Trong những trường hợp nào đối với vòng bi thì vòng ngoài phải được lắp ráp trước vòng trong?
7. Việc chạy thử máy có mục đích gì?

5.10 Sự bảo trì

5.10.1 Phạm vi hoạt động và định nghĩa

Quy trình gia công trong sản xuất hoặc chế tạo cấu kiện lắp ráp (có phần lắp ráp), máy móc và thiết bị toàn bộ không gặp trở ngại, cũng như việc sử dụng tối đa tuổi thọ của những cấu kiện lắp ráp, máy móc hay thiết bị đòi hỏi một sự bảo quản tối ưu.

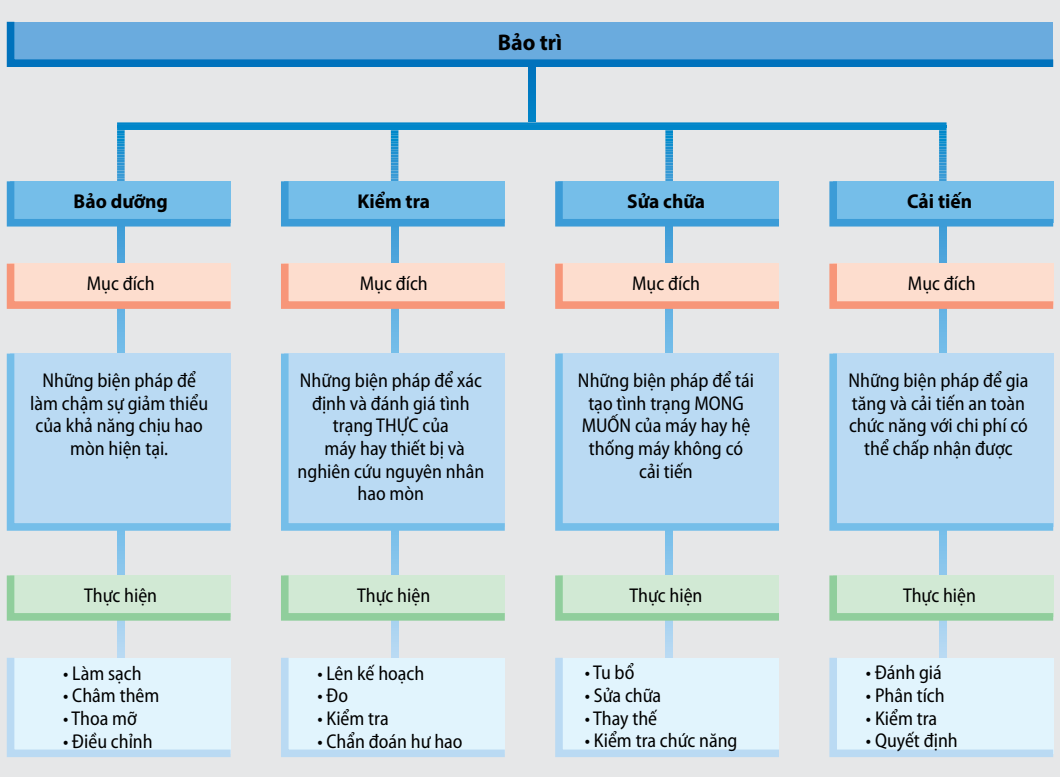
Bảo trì được hiểu là tất cả các biện pháp để bảo quản, xác định, tái tạo (sửa chữa), cải tiến cho tình trạng khả năng vận hành của một máy hay thiết bị. Sự bảo trì bao gồm công việc bảo dưỡng, kiểm tra, thực hiện sửa chữa và cải tiến (**Hình 1**).

Vì lý do chi phí những xí nghiệp chỉ đầu tư có giới hạn cho sự bảo trì, chỉ nhằm để đạt được mục đích sản xuất của họ là điều cần thiết.

Mức đầu tư tùy thuộc vào tầm vóc của xí nghiệp. Vì thế ở những **xí nghiệp lớn** có một **phòng bảo trì**, nơi thực hiện những quy định của nhà sản xuất máy hay sản xuất thiết bị, ngoài ra cũng thực hiện thêm quy định bổ sung bảo trì hạn chế cho máy hay thiết bị trong sản xuất.

Những **xí nghiệp vừa** đa số tự hạn chế bảo trì theo **sự khuyến cáo của nhà chế tạo máy hay thiết bị**. Nhiệm vụ này có những việc làm như thay lưới lọc hay thay dầu, quy định lịch trình làm sạch và quy định lịch trình bôi trơn của người chăm sóc máy là việc cần thiết chú ý thực hiện.

Trong những **xí nghiệp nhỏ** đa số không có tổ chức **sự bảo trì theo lịch trình**. Việc này lệ thuộc vào sự quan tâm và chịu trách nhiệm của người sử dụng máy hoặc thiết bị. Bình thường chỉ khi có sự cố xảy ra mới bắt đầu có biện pháp và do thợ lành nghề thực hiện.



Hình 1: Đại cương về các phạm vi bảo trì

5.10.2 Khái niệm về bảo trì

Hao mòn và khả năng chịu hao mòn

Hao mòn là sự giảm đi khả năng chịu hao mòn nơi những chi tiết lắp ráp, thí dụ như trục quay, hay ở các dụng cụ thí dụ như mảnh dao cắt trở bề.

Khả năng chịu hao mòn được hiểu là phạm vi kích thước tối đa được phép hao mòn đến mức mà các chi tiết lắp ráp hay dụng cụ không bắt buộc phải thay thế. Nguyên nhân của hao mòn thí dụ như mài mòn, lão hóa và ăn mòn.

Sự hao mòn phát triển không đồng đều trong thời gian sử dụng (**Hình 1**). Ở giai đoạn chạy rà (giai đoạn I) thì sự hao mòn lớn. Trong giai đoạn này ở các bộ phận quay xảy ra mài mòn lớp mặt nhám (nhấp nhô). Trong giai đoạn II, đồ thị hao mòn bắt đầu phẳng hơn. Sự mài mòn bề mặt của một chi tiết lắp ráp được làm nhẵn ở giai đoạn I ít hơn đáng kể. Gần cuối giai đoạn II sự hao mòn theo thời gian sẽ tăng lên trở lại.

Khi toàn bộ khả năng chịu hao mòn đã sử dụng hết, chi tiết lắp ráp hay dụng cụ phải thay mới, vì sau giai đoạn II của đồ thị sự hao mòn vượt lên hơn mức độ bình thường. Tác dụng của chi tiết lắp ráp hay quá trình cắt gọt với một dụng cụ như vậy không được bảo đảm.

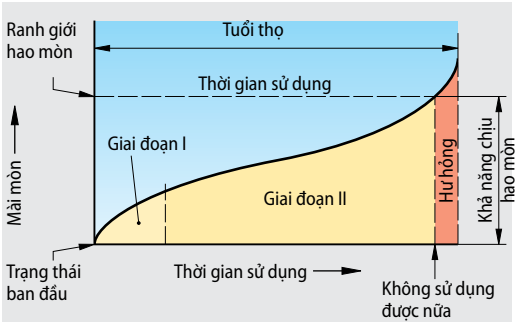
Thời gian sử dụng chi tiết lắp ráp hay dụng cụ cho đến khi không còn khả năng chịu hao mòn được nữa gọi là **thời gian sử dụng** (Hình 1 và **Hình 3**).

Thí dụ: Hình 2 trình bày đường biểu diễn hao mòn của lưỡi dao cắt gây ra với sự hao mòn của bề mặt, của miệng lõm và của cạnh. Khả năng chịu hao mòn mất đi 0,25 mm sau khi thực hiện 8000 m chiều dài phoi cắt.

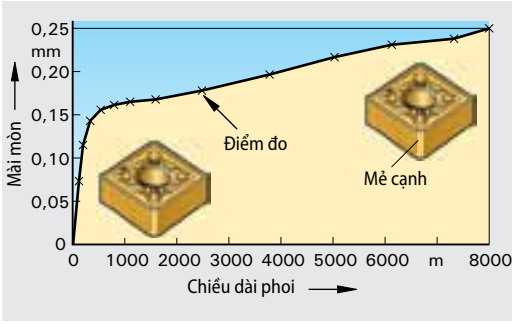
Cũng như trường hợp của các chi tiết lắp ráp riêng lẻ, những máy móc hay hệ thống thiết bị cũng có khả năng chịu hao mòn (Hình 3). Khả năng chịu hao mòn này sẵn sàng dành cho sử dụng vào lúc đưa vào vận hành sản xuất của máy hay thiết bị. Nếu khả năng chịu hao mòn này dùng hết, thì bắt buộc phải có bảo trì. Qua đó người ta lại có được một khả năng chịu hao mòn mới. Nếu được lắp vào máy một chi tiết lắp ráp đã nâng cấp (cải tiến), khả năng chịu hao mòn sẽ được mở rộng (**Hình 4**).

Khi một mảnh cắt trở bề đã được tận dụng, người ta xoay mảnh cắt và như thế tạo ra khả năng chịu hao mòn mới. Trái lại nếu sử dụng mảnh cắt trở bề với lớp phủ chống mài mòn dày hơn, người ta sẽ có sẵn một khả năng chịu mài mòn lớn hơn.

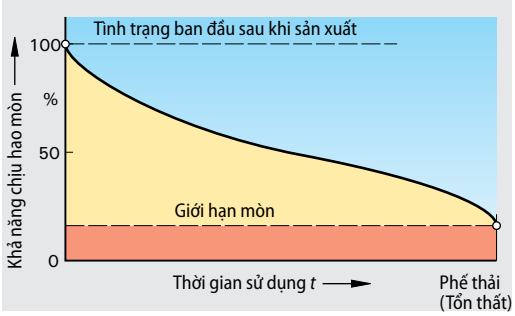
Theo quan điểm của kinh doanh thì khả năng chịu hao mòn tương xứng với thời gian khấu hao của bộ phận lắp ráp hoặc của máy.



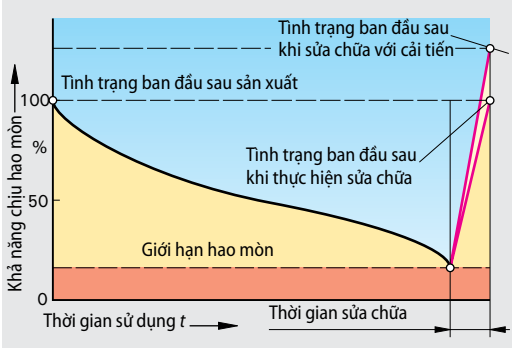
Hình 1: Tổng quát về đồ thị hao mòn



Hình 2: Đường biểu diễn hao mòn của mảnh dao cắt trở bề



Hình 3: Giảm thiểu khả năng chịu hao mòn



Hình 4: Khả năng chịu hao mòn qua thực hiện bảo trì hoặc cải tiến

5.10.3 Mục đích của bảo trì

Một mục đích chính của bảo trì là sự gia tăng hiệu quả kinh tế của xí nghiệp. Trong việc này phải giữ gìn sức khỏe nhân viên và giữ gìn một môi trường đáng sống.

Mục đích hiệu quả kinh tế

Mục đích hiệu quả kinh tế của sự bảo trì bao gồm việc bảo đảm khả năng sản xuất của thiết bị kỹ thuật hay hệ thống sản xuất với chi phí thuận lợi nhất.

Sự bảo quản có thể do nhân viên của xí nghiệp (**tự bảo trì**) hoặc do công ty ngoài thực hiện.

Nếu có xu hướng tự bảo trì, nhân viên điều khiển máy phải được huấn luyện ý thức trách nhiệm và phát triển một sự nhạy bén cao đối với sự bất thường hay sự cố trong sản xuất và trong gia công.

Mục đích nhân đạo và sinh thái

Sự định hướng nhân đạo của bảo trì nhằm giữ gìn sức khỏe và khả năng làm việc của nhân viên, cũng như làm sạch môi trường và bảo đảm nguồn tài nguyên.

Vì thế thí dụ như dung dịch bôi trơn làm nguội hay dầu cũ phải được xử lý đúng cách, lưu trữ và giải quyết chất thải dưới sự lưu ý về bảo vệ và giữ gìn môi trường. Những chất thải không bao giờ được đổ bỏ hoặc để chảy vào đường cống thoát nước công cộng hay sông rạch.

5.10.4 Những khái niệm về bảo trì

Người ta phân biệt ba loại khái niệm về bảo trì (**Bảng 1**).

Bảo trì định kỳ

Sự bảo trì định kỳ đạt được bằng sự bảo dưỡng với khoảng thời gian đều đặn (Trang 445). Đây thuộc vào loại bảo trì **phòng ngừa**. Những bộ phận mài mòn thí dụ như đệm kín, bợ trục hay lọc dầu, có một tuổi thọ mong đợi theo kinh nghiệm. Trước khi hết hạn sẽ được thay thế.

Ở bảo trì phòng ngừa, biện pháp bảo trì được thực hiện không lệ thuộc vào khả năng chịu hao mòn còn lại. Nó có nhiệm vụ phòng ngừa hư hỏng do sự giảm thiểu giới hạn hao mòn và được sử dụng khi ở máy hay bộ phận lắp ráp không được phép xảy ra hư hỏng vì bất cứ lý do gì hay vì luật định đòi hỏi phải có một sự kiểm tra thường xuyên.

Điều kiện để đạt mục tiêu hiệu quả kinh tế của bảo trì

- Thời gian vận hành của thiết bị dài lâu
- Độ sẵn sàng đáp ứng cao cho việc sử dụng thiết bị
- Độ tin cậy cao của từng chi tiết lắp ráp
- Tránh rối loạn sản xuất
- Tránh ngưng sản xuất
- Phát hiện các điểm yếu và loại trừ
- Phát hiện và tránh để xảy ra các hư hỏng phải sửa chữa
- Giảm thiểu thời gian bảo trì

Mục đích nhân đạo và sinh thái của bảo trì

- Gia tăng an toàn lao động (cho sự gia công)
- Gia tăng an toàn thiết bị
- Giữ đúng luật quy định
- Tránh tác động vào môi trường
- Tránh gây tổn hại môi trường
- Tránh lãng phí vật liệu

Bảng 1: Khái niệm bảo trì

Bảo trì theo định kỳ	Sự thực hiện bảo trì xảy ra theo quãng thời gian xác định đều đặn.
Bảo trì theo trạng thái	Sự thực hiện bảo trì xảy ra sau khi sử dụng hết khả năng chịu hao mòn của dụng cụ hay máy.
Bảo trì theo sự cố	Sự thực hiện bảo trì chỉ xảy ra khi có sự hư hỏng của dụng cụ hay máy.

Ưu thế của bảo trì theo định kỳ

- Lập được kế hoạch tốt cho biện pháp
- Giảm thiểu lượng tồn trữ phụ tùng thay thế
- Giảm thiểu những hư hỏng bất ngờ
- Có độ tin cậy cao của máy móc
- Bảo đảm kế hoạch sử dụng nhân viên

Nhược điểm của bảo trì định kỳ

- Khả năng chịu hao mòn không được dùng đến mức mòn cuối cùng
- Tuổi thọ của chi tiết lắp ráp không được tận dụng hết.
- Số lượng phụ tùng thay thế nhiều
- Chi phí bảo trì cao
- Diễn biến máy móc hư hỏng không thể được xác định

■ Bảo trì theo tình trạng

Bảo trì theo tình trạng cũng thuộc vào dạng bảo trì phòng ngừa và dựa vào sự giám sát đo đạc kiểm tra kích thước của những bộ phận chịu mài mòn cũng như sự tự thay đổi của kích thước điều chỉnh.

Việc thay đổi bộ phận mài mòn được thực hiện hoặc

- sau khi vượt qua sai lệch kích thước (**Hình 1**)

hoặc

- sau khi khai thác hết trữ lượng chịu hao mòn.

"Lưỡi dao tiện thông minh" được dùng để xác định trữ lượng chịu hao mòn (**Hình 2**). Mảnh dao tiện trở mặt có cảm biến dò hao mòn sẽ cho tín hiệu đến hệ điều khiển khi đạt đến giới hạn hao mòn để dụng cụ được thay đúng lúc.

Thí dụ: Việc kiểm soát lại kích thước chỉnh (quy định) cho độ sâu thâm nhập của giá đỡ dụng cụ trong một đài kẹp dụng cụ được sử dụng với mục đích kiểm tra (**Hình 3**). Kích cỡ chỉnh với dung sai hẹp bảo đảm rằng cái kẹp rút vào nằm yên ở rãnh trong giá giữ dụng cụ và kéo giá giữ dụng cụ vào mặt tựa hình nón. Kích thước dung sai bị thay đổi, thí dụ có thể do dơ bẩn hay bị mòn. Nếu xác định được kích thước bị thay đổi, thì phải thực hiện làm sạch hay thay đổi dụng cụ.

Sự bảo trì theo tình trạng đòi hỏi kiến thức bổ sung đạt được với cách kiểm tra mẫu ngẫu nhiên hay bằng cách giám sát liên tục máy hoặc hệ thống máy.

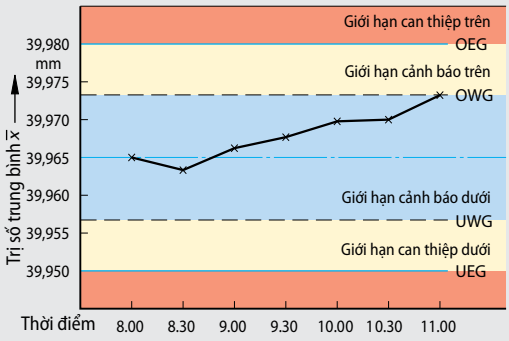
Ưu điểm của bảo trì theo tình trạng:

- Sử dụng tối đa tuổi thọ của chi tiết máy và thiết bị.
- Phát hiện khả năng chịu mài mòn có thể là thời gian phụ thuộc vào kế hoạch.
- An toàn xí nghiệp được bảo đảm
- Chi phí tồn kho thấp cho đối tượng khảo sát
- Sử dụng đối tượng khảo sát lâu dài hơn

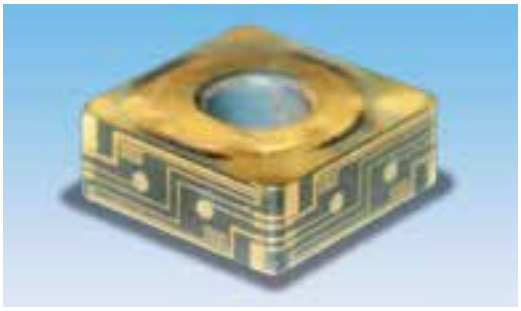
Nhược điểm của bảo trì theo tình trạng:

- Tăng chi phí cho kỹ thuật đo đạc
- Gia tăng phương tiện kiểm tra
- Chi phí cho việc lập kế hoạch tăng lên
- Chi phí cao
- Nhân sự bổ sung

Trong khi sản xuất một bộ phận tiện, đường kính được kiểm tra trong quãng thời gian nhất định và được giám sát qua thẻ điều chỉnh chất lượng. Khi sai lệch nằm ngoài giới hạn dung sai cho phép, dụng cụ sẽ được thay.

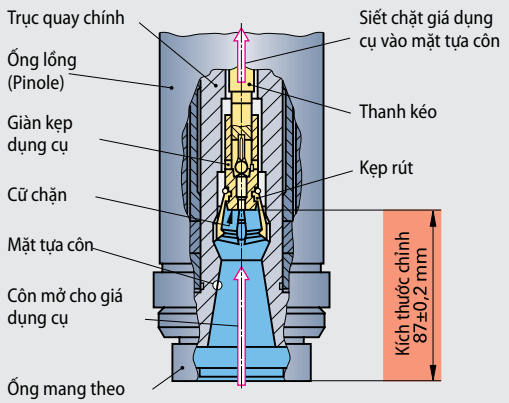


Hình 1: Thẻ điều chỉnh chất lượng



Hình 2: Mảnh dao cắt trở bề với cảm biến mài mòn và cảm biến nhiệt độ

Thí dụ: Giá kẹp dụng cụ không còn dễ dàng được khớp vào trục quay chính.
Giải đáp: Loại trừ sự cố bằng cách làm sạch hoặc thay đài kẹp dụng cụ.



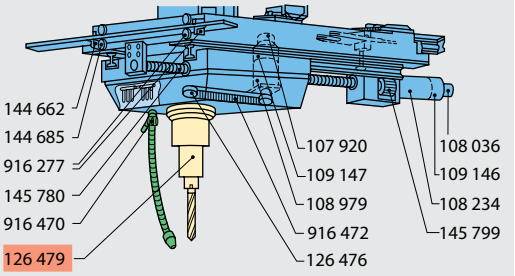
Hình 3: Kiểm tra kích thước đặt trong giá dụng cụ

■ Bảo trì do sự cố (trục trặc)

Bảo trì do sự cố (trục trặc) được thực hiện khi một cái máy đang sản xuất gặp sự cố phải dừng máy hoặc vì chất lượng sản xuất không bảo đảm theo như yêu cầu. Nguyên nhân thường là do hết sạch khả năng chịu hao mòn. Khi phát hiện được nguyên nhân sự cố, thí dụ như một giá kẹp dụng cụ bị hư, bộ phận hư hỏng sẽ được thay thế (**Hình 1**). Việc tháo bộ phận hư hỏng và ráp bộ phận thay thế thực hiện theo sự hướng dẫn tháo ra và sơ đồ sắp xếp trong sổ tay của người sử dụng. Nó chỉ được phép sử dụng những bộ phận thay thế được quy định của nhà sản xuất máy.

Thí dụ: Dây đai của một động cơ truyền động bị đứt (**Hình 2**). Lúc bảo trì phải lắp vào một dây đai mới. Qua đây phải để ý tới sự thẳng hàng của puli.

Thí dụ: Lưỡi khoan không còn gài chặt được trong giàn kẹp dụng cụ.
Lời giải: Đặt mua một giá kẹp dụng cụ theo ký hiệu bộ phận thay thế của máy khoan và ráp vào theo hướng dẫn sử dụng.



Hình 1: Máy khoan với giàn kẹp dụng cụ

Ưu điểm của bảo trì do sự cố:

- Sử dụng toàn bộ khả năng chịu hao mòn
- Lên kế hoạch ít tốn kém

Nhược điểm của bảo trì do sự cố:

- Bộ phận máy bị hư hỏng thình lình và không dự đoán trước được
- Bảo trì thường phải thực hiện dưới áp lực thời gian
- Chi phí cao để cung ứng và dự trữ phụ tùng thay thế.
- Chi phí cao cho việc ngưng sản xuất vì không có sẵn phụ tùng thay thế.

Hình 2: Động cơ truyền động với dây đai bị đứt

■ Bảo trì thích ứng với xí nghiệp

Sự **bảo trì tối ưu** cho một xí nghiệp sản xuất tùy thuộc theo kích cỡ của xí nghiệp và chiến lược của xí nghiệp. Nhìn chung sự kết hợp giữa bảo trì ngăn ngừa và bảo trì tùy tình trạng là kế hoạch tối ưu về mặt kinh tế. Việc thay các bộ phận hao mòn được giới hạn vào sự cần thiết tối thiểu nhưng cũng là sự bắt buộc và giảm thiểu chi phí bảo trì cũng như thời gian ngừng chạy sản xuất.

Hình 3: Máy CNC bàn nghiêng

Ôn tập và đào sâu

1. Người ta hiểu những biện pháp nào về khái niệm bảo trì trong kỹ thuật sản xuất?
2. Thông thường thì những biện pháp bảo trì giữa xí nghiệp lớn và xí nghiệp nhỏ được phân biệt như thế nào?
3. Hãy giải thích với thí dụ những từ ngữ hao mòn và khả năng chịu hao mòn một bánh xe hơi?
4. Mục đích kinh tế nào được theo đuổi trong lĩnh vực bảo trì?
5. Một bộ lọc dầu trong trạm nén khí của một xưởng được thay đổi để phòng xa. Điều này thuộc vào biện pháp bảo trì nào?
6. Hãy kể một thí dụ về chương trình bảo trì cho máy CNC bàn nghiêng (**Hình 3**).

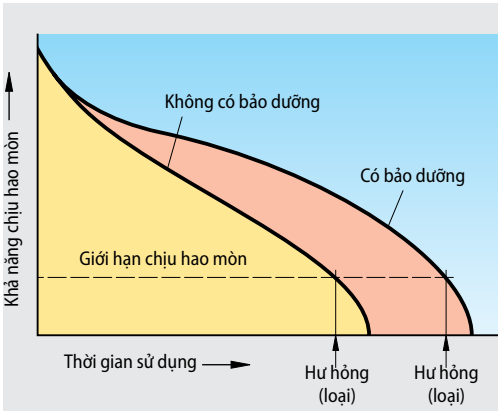
5.10.5 Bảo dưỡng

Sự bảo dưỡng thuộc vào biện pháp bảo trì phòng ngừa (để phòng). Nhờ sự bảo dưỡng, khả năng chịu hao mòn trong thời gian sử dụng máy hay hệ thống máy được kéo dài thêm (**Hình 1**). Vì thế việc sản xuất không có sự cố được bảo đảm ở một thời gian dài hơn.

Trong lúc vận hành máy được kiểm soát chất lượng công việc, tức là giám sát chi tiết được hoàn tất với đúng kích thước, quan sát tiếng động bất thường hoặc sự rung cũng như độ rò của ống thủy lực hay ống dầu bôi trơn.

Bảo dưỡng bao gồm tất cả các biện pháp để bảo vệ tình trạng theo đúng quy định của máy hay hệ thống máy (**Bảng 1**).

Thí dụ: công việc bảo dưỡng ở một trung tâm gia công.



Hình 1: Giảm khả năng chịu hao mòn, không và có bảo dưỡng

Bảng 1: Công việc bảo dưỡng

Làm sạch	Bôi trơn	Bổ sung
Tách rời các vật lạ bằng cách lau rửa, hút, dùng chất hòa tan	Bảo vệ khả năng trượt bằng cách đưa chất bôi trơn vào vị trí bôi trơn	Châm vào chất phụ trợ thí dụ như dung dịch làm nguội dầu hộp số, dầu thủy lực, nhũ tương (emulsi)
Chỉnh lại	**Thay đổi**	**Bảo quản**
Điều chỉnh kích thước có thể cài đặt Loại trừ sai lệch thí dụ như độ hở của bợ trục, cữ chặn, áp suất	Thay cơ phận và chất phụ trợ Thay dầu, thay bộ lọc, kẹp ống, vòng đệm kín	Bảo vệ chống ảnh hưởng bên ngoài bằng cách bọc kín, thoa mỡ, quét sơn, bọc lớp màng mỏng (ép màng co)

Làm sạch

Tách rời phoi và hạt bẩn bằng que móc phoi hay chổi quét tay ra khỏi khu vực gia công hay buồng máy.

Không nên dùng giẻ có sợi hay giẻ vụn bằng sợi bông để lau chùi. Không nên dùng khí ép, vì với áp suất cao phoi hay hạt bẩn có thể bị ép vào vòng được bít kín của máy.

Bôi trơn

Cho dầu vào, cho mỡ vào hay phun vào đường trượt và đường ray dẫn hướng hoặc hệ thống kẹp dụng cụ. Dùng chất bôi trơn do nhà sản xuất chỉ định.

Bổ sung

Châm thêm cho hệ thống làm nguội bôi trơn và trung tâm tổ hợp bôi trơn cho đường ray dẫn hướng, châm thêm dầu vào bồn chứa dầu nơi tổ hợp bôi trơn.

Hiệu chỉnh

Đo và hiệu chỉnh kích cỡ của dụng cụ. Căng lại dây đai hay dây đai răng.

Thay thế

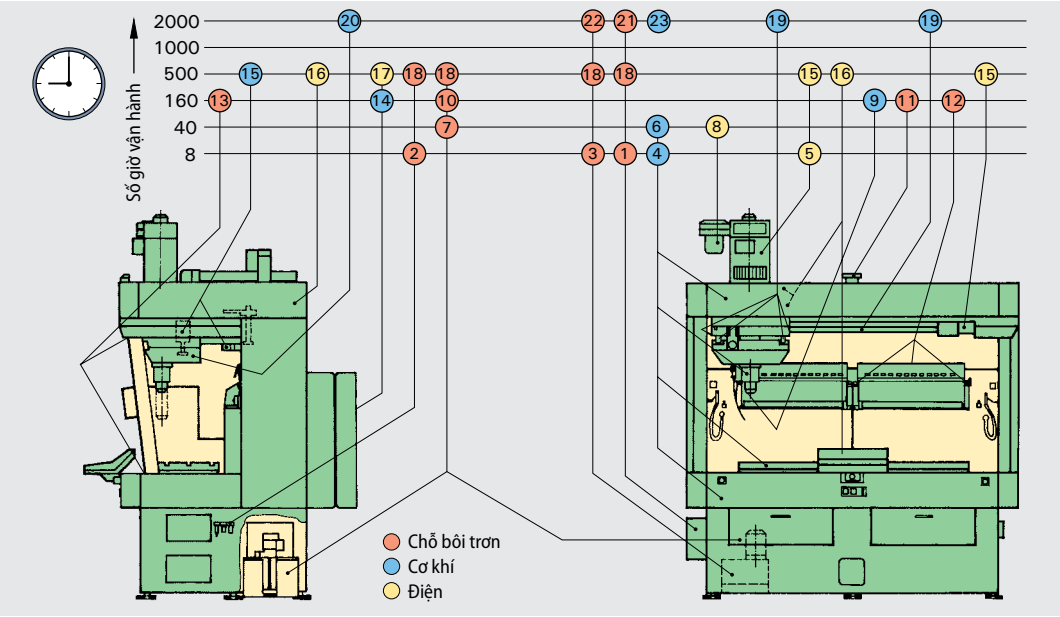
Khi có nhu cầu phải thay phương tiện bảo vệ chống phoi và phun, ống dẫn quay, đường ống, dây điện, ống dẫn, các gạt và bộ lọc.

Bảo quản

Dụng cụ phải cất giữ trong kho nên dùng lớp bao bọc chống ảnh hưởng môi trường và chống ăn mòn.

Sự tu bổ thường xuyên cho máy được thực hiện do thợ đứng máy khi hết ngày làm việc hay hết ca sản xuất.

Điều cần thiết cho việc bảo dưỡng một cách chuyên nghiệp là cần phải có sự hướng dẫn công việc chính xác. Thí dụ như những hướng dẫn này nằm trong kế hoạch bảo dưỡng và kiểm tra của một cái máy (**Hình 1**). Trong một kế hoạch bảo dưỡng đính kèm theo đây, chi tiết từng công việc bảo dưỡng sẽ được trình bày (**Bảng 1**).



Hình 1: Kế hoạch bảo dưỡng và kế hoạch kiểm tra của một trung tâm gia công

Khoảng cách thời gian bảo dưỡng và kiểm tra bình thường là 8, 40, 160, 500, 2000 giờ làm việc. Điều này có nghĩa, mỗi khi sau 8 giờ làm việc những việc làm tu bổ trong kế hoạch bảo dưỡng bắt buộc phải được thực hiện, sau 40 giờ làm việc những việc làm được bổ sung thêm lên và tiếp tục như thế.

Bảng 1: Công việc bảo dưỡng trong một trung tâm gia công

Bảo dưỡng sau thời gian	**Những công việc phải thực hiện** (Số trong vòng tròn từ hình 1)
8 giờ làm việc (Hàng ngày trong xí nghiệp một ca)	- Kiểm tra mức dầu trong trung tâm bôi trơn (1), đơn vị bảo dưỡng khí nén (2) và thủy lực (3) và nếu cần châm thêm dầu. - Làm vệ sinh máy một cách tổng quát, đặc biệt là chỗ làm việc và băng dẫn hướng (4). Tách phoi và phần còn lại của chất làm nguội bôi trơn. - Kiểm tra độ chạy êm và nhiệt độ động cơ truyền động (5).
40 giờ làm việc (Hàng tuần trong xí nghiệp một ca)	- Làm vệ sinh kỹ càng toàn thể máy, đặc biệt là công tắc giới hạn, băng dẫn hướng, nắp đậy, cửa sổ nhìn, các chi tiết chuyển động (6). - Tháo và rửa sạch buồng chứa phoi cũng như làm sạch lưới của tổ hợp làm nguội bôi trơn (7). - Kiểm tra lưới lọc của máy thổi làm nguội và làm sạch hoặc thay lưới lọc (8).
160 giờ làm việc (Hàng tháng trong xí nghiệp một ca)	- Kiểm tra chức năng chi tiết lắp ráp cơ khí, thí dụ như giá kẹp dụng cụ (9). - Thay dung dịch làm nguội bôi trơn (10), kiểm tra lớp màng bôi trơn các bộ phận dẫn hướng và trục bi xoay. - Thoa dầu thanh đẩy (11), ổ dụng cụ (12), giàn dẫn hướng cửa kéo (13). - Kiểm tra, lau chùi động cơ quạt gió (14).
500 giờ làm việc (3 tháng một lần trong xí nghiệp một ca)	- Kiểm tra, lau chùi, thay mới cọ than và vành góp điện của động cơ điện (15). - Kiểm tra chức năng của nút bật giới hạn, nút dừng khẩn cấp (16). - Kiểm tra lại công tắc bảo vệ cháy cũng như kiểm tra công tắc cầu chì (trong tủ phân phối điện) (17). - Kiểm tra những chỗ nối ống cho hệ thống thủy lực, hệ thống làm nguội bôi trơn, và hệ thống bôi trơn (18)
2000 giờ làm việc (Hàng năm trong xí nghiệp một ca)	- Kiểm tra sự mài mòn và kết cấu lớp màng bôi trơn của đường dẫn hướng (19), chỉnh lại. - Kiểm tra truyền động đai, căng đai lại (20). - Thay dầu trong trung tâm hệ thống bôi trơn (21) và hệ thống thủy lực (22). - Thay những bộ phận mài mòn (23).

Đặc biệt là những hệ thống thủy lực, dẫn hướng và hệ thống làm nguội bôi trơn đòi hỏi phải được bảo dưỡng thường xuyên. Nhà sản xuất máy chỉ định nên dùng chất bôi trơn nào và chất lỏng thủy lực nào (**Bảng 1**). Trong những tài liệu hướng dẫn, ký hiệu cho công việc bảo dưỡng được sử dụng. Số vị trí được đưa vào kế hoạch bảo dưỡng và kế hoạch bảo trì để có sự sắp xếp thứ tự rõ ràng.

Đặc biệt quan trọng là lựa chọn đúng chất bôi trơn cũng như sự tương thích giữa chất bôi trơn và dung dịch bôi trơn làm nguội.

■ Kiểm tra chức năng

Sau khi thực hiện những biện pháp bảo dưỡng, máy được đưa vào tình trạng sẵn sàng vận hành. Rào chắn và bảng báo tin đề phòng nên gỡ đi, sự cung cấp năng lượng phải được lập lại và thông báo cho nhân viên rằng việc bảo dưỡng đã hoàn tất. Khả năng làm việc của máy phải được chứng minh bằng một sự kiểm tra chức năng.

■ Làm hồ sơ và lập biên bản

Những nhà sản xuất máy và hệ thống máy không chấp nhận sự bảo hành cho tổn hại, trong trường hợp thực hiện bảo dưỡng không để ý sự chỉ dẫn bắt buộc đến hạn kỳ bảo dưỡng hoặc dùng chất bôi trơn không đúng. Tất cả những công việc bảo dưỡng được thực hiện và những sự cố xảy ra phải ghi vào sổ trực hoặc ghi vào danh sách bảo dưỡng (**Bảng 2**)

Những công việc bảo dưỡng làm xong và những phụ liệu và những phụ tùng thay thế đã dùng phải đưa vào bản danh sách và nhân viên bảo dưỡng ký tên.

Tiếp theo phải làm biên bản nghiệm thu. Trong biên bản này ngoài dữ liệu máy còn nên ghi vào những việc đã thực hiện và thời gian đã dùng cho công việc.

Trong thực tế công việc bảo dưỡng, kiểm tra và sửa chữa thường được tiến hành cùng với việc kiểm tra.

Bảng 1: Công việc bôi trơn và chất bôi trơn
(cho trung tâm gia công trang 441)

Nơi bôi trơn	①	②	③
Bộ phận máy	Trung tâm bôi trơn	Bình dầu phun sương	Hệ thống thủy lực
Thực hiện bảo dưỡng Ký hiệu Ý nghĩa			
Chất bôi trơn	CG-LP 68	HLPD 22	HLPD 22
Vị trí bôi trơn	⑦	⑪	⑫
Bộ phận máy	Chất làm nguội bôi trơn	Thanh đẩy	Ổ dụng cụ
Thực hiện bảo dưỡng Ký hiệu Ý nghĩa	Châm dầu	Châm dầu	Châm dầu
Chất bôi trơn		CG-LP 68	CG-LP 68

Bảng 2: Danh sách bảo dưỡng của một hệ thống thủy lực (trích đoạn)

STT	Công việc	Kết quả
1	Kiểm tra bằng mắt (Tình trạng hiện tại)	
1.1	Tình trạng bên ngoài	
1.2	Tiếng ồn	
.		
.		
2	Công việc bảo dưỡng	
2.1	Làm sạch tất cả các cụm chi tiết	
2.2	Kiểm tra tình trạng dầu	
2.3	Bổ sung mức dầu / thay mới	
2.4	Làm sạch / thay lược dầu	
2.5	Làm sạch / thay lược gió	
5.6	Loại trừ rò rỉ	
2.7	Hiệu chỉnh áp suất	
3	Đưa vào vận hành trở lại	
3.1	Kiểm tra áp suất với áp kế	
3.2	Kiểm tra rò rỉ dầu	

Máy số…..... Ngày.....
Nhân viên bảo dưỡng
Tên: ..... Chữ ký: .....

Ôn tập và đào sâu

1 Tại sao người ta sắp xếp bảo dưỡng vào biện pháp bảo trì phòng ngừa?
2 Những công việc bảo dưỡng đặc trưng nào được thực hiện sau một ngày làm việc nơi máy tiện?
3 Những chỉ dẫn nào có thể đọc ra từ chương trình bảo dưỡng và chăm sóc một cái máy?
4 Tại sao lúc bảo dưỡng phải dùng chất bôi trơn do nhà sản xuất máy quy định?

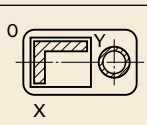
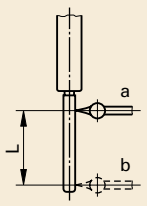
5.10.6 Kiểm tra

Tất cả biện pháp để xác định và đánh giá **tình trạng hiện tại** thuộc về kiểm tra. Sự xác định này cũng cần thiết cho việc bảo trì và sửa chữa. Tình trạng thực tế của từng cấu kiện do mài mòn và hao mòn vì sử dụng được đưa vào hồ sơ.

> Việc kiểm tra ở một máy hay một hệ thống kỹ thuật để nắm bắt tình trạng mài mòn và tình trạng hao mòn.

Máy khoan đứng
Máy khoan trụ đứng
Điều kiện nghiệm thu

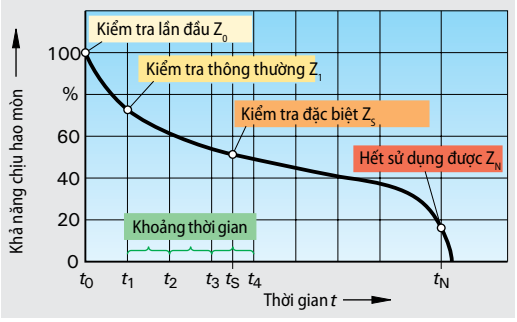
Kiểu máy _____ Số máy _____ Ngày _____ Người nghiệm thu _____

Số	Vật kiểm tra	Hình	Phương tiện kiểm tra	Hướng dẫn kiểm tra	Sai biệt được phép / đo	
1	Sự bằng phẳng của mặt kẹp (Bàn khoan, mặt đáy)		Thước đo, bộ đo độ rơ (dưỡng kiểm)	Thước đo để lên vào hướng 0-X và 0-Y Kiểm tra mặt tựa với dụng cụ đo khe hở 0 — X qua toàn bộ 0 — Y mặt kẹp	0,1/1000 Phẳng hay lõm	0 — X ..... 0 — Y .....
2	Độ đảo cốt côn trong của trục khoan a) sát với chỗ lắp giữ b) ở khoảng cách "L"		Giá đo, đồng hồ đo DIN 878, đòn đo	Giá đo gắn chặt với ụ trước Đầu dò của đồng hồ đo gắn tại điểm a trên đòn kiểm, quay trục khoan và đọc hiển thị Đo lại ở điểm b. Chiều dài "L" ở côn Morse Morse 1 = 100 Morse 2 = 100 Morse 3 = 200 Morse 4 = 300	L = 100 a 0,015 b 0,020 L = 200 a 0,020 b 0,035 L = 300 a 0,025 b 0,050	a 0,01 b 0,015

Hình 1: Biên bản kiểm tra lần đầu nơi một máy khoan đứng

Bên cạnh những hoạt động kiểm tra thuần túy, người ta còn quan tâm đến việc xác định nguyên nhân của mài mòn cũng như của hao mòn và từ đó rút ra kết luận cần thiết cho việc sử dụng trong tương lai. Do đó sự kiểm tra cũng cung cấp thông tin cho việc định kế hoạch và điều khiển các biện pháp bảo trì.

Tuổi thọ của một hệ thống kỹ thuật và thực hiện kiểm tra có thể được thể hiện rõ bằng đồ thị hao mòn (**Hình 2**). Những tình trạng Z_O đến Z_N được xác định cho những thời gian kiểm tra nhất định.

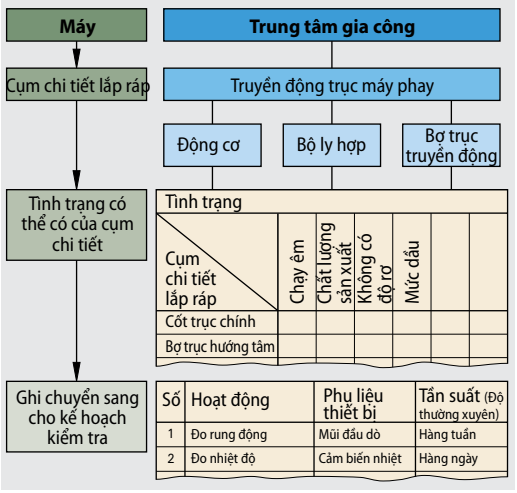


Hình 2: Kiểm tra định kỳ suốt thời gian tuổi thọ của một hệ thống kỹ thuật

- **Kiểm tra lần đầu (Z_O):** Việc này được thực hiện sau khi máy lắp đặt và vận hành lần đầu. Theo thủ tục kiểm tra một biên bản nghiệm thu được thiết lập (**Hình 1**), trong đó những vật kiểm, phương tiện kiểm tra cũng như những sai lệch cho phép và đã đo được xác định (tình trạng mong muốn Z_O = 100%).
- **Kiểm tra định kỳ (Z_1, Z_2, Z_3):** Chúng được thực hiện trong khuôn khổ của một kế hoạch bảo trì vào những khoảng thời gian đều đặn.
- **Kiểm tra đặc biệt (Z_S):** Việc này có thể cần thiết khi sự sai biệt quá mức không cho phép trong sản xuất làm độ chính xác không đảm bảo hay một sự cố nghiêm trọng trong lúc vận hành được phát hiện trong tiến độ thi công hoặc hư hỏng nặng hệ thống như là trục máy khoan va chạm vào gá kẹp.

Biện pháp kiểm tra, chia ra thành **năm bước riêng biệt**, đặc biệt ở những hệ thống máy chế tạo và hệ thống máy sản xuất ở công nghiệp lớn:

1. Thiết lập một kế hoạch kiểm tra (**Hình 3**): Kế hoạch này phù hợp với nhu cầu cụ thể của từng xí nghiệp hoặc hệ thống máy trong xí nghiệp được coi như là bắt buộc. Kế hoạch bao gồm chỉ dẫn địa điểm, kỳ hạn, phương pháp, thiết bị và biện pháp.



Hình 3: Thí dụ cho việc thiết lập một kế hoạch kiểm tra và sự thực hiện của nó

2. **Biện pháp chuẩn bị:** Sắp xếp sẵn trang thiết bị chỗ làm việc (thí dụ bục làm việc), biện pháp bảo vệ và biện pháp an toàn thích hợp, phát lệnh cho phép hệ thống máy được đặt ra ngoài hệ thống sản xuất đang hoạt động.

3. **Thực hiện** công việc kiểm tra.

4. **Đánh giá** kết quả.

5. **Rút ra** những **hệ quả** cần thiết dựa trên phân tích hư hỏng.

Để xác định tình trạng thực tại, người ta sử dụng nhiều phương pháp và cách tiến hành khác nhau.

Người điều khiển máy thực hiện việc **kiểm tra ngắn trực tiếp** với những giác quan khi bắt đầu và trong thời gian sử dụng máy (**Bảng 1**). Thí dụ như dẫn chứng **gián tiếp** về mài mòn và hao mòn được cung cấp qua những dấu hiệu như chất lượng sản xuất không đạt, sự đánh giá của thẻ điều chỉnh chất lượng hay việc xuất hiện sự mất mát rò rỉ của hệ thống thủy lực.

Sự quan sát **chủ quan** có thể được bổ sung hay thay thế bằng những phân tích và chẩn đoán **khách quan**. Cho mục tiêu này người ta sử dụng những phương tiện đo đạc và kiểm nghiệm trình độ bao quát gồm những phần mềm đánh giá đặc biệt. (**Hình 1**). Để tìm và đánh giá những số liệu đo như thế đòi hỏi có sự huấn luyện sâu rộng cho công nhân chuyên môn.

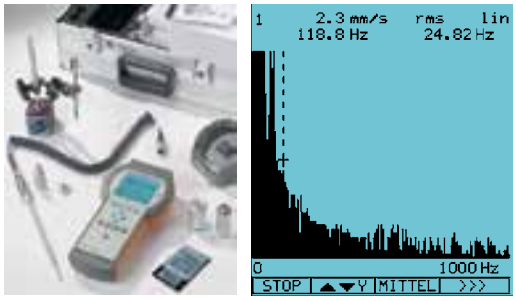
Thí dụ trong **hình 2** cho thấy ba dấu hiệu diễn tả mạnh mẽ tín hiệu dốc đứng ở những tần số xác định. Qua một phương pháp phân tích và qua so sánh với một bợ trục không khuyết tật cho phép kết luận rằng đây là một hư hại ở vòng ngoài của bợ trục. Những biên độ chênh lệch có chu kỳ trong đồ thị phát sinh lúc lăn qua chỗ hư hỏng.

Với cảm biến và thiết bị thích ứng được lắp ráp cho việc giám sát tình trạng, người ta cũng có thể thực hiện **kiểm tra từ xa** trong điều kiện vận hành trực tuyến. Ở những hệ thống khó tiếp cận thí dụ như máy phát điện gió phương tiện này được sử dụng và gửi qua hệ thống dịch vụ vô tuyến (dịch vụ từ xa) để tiếp tục đánh giá.

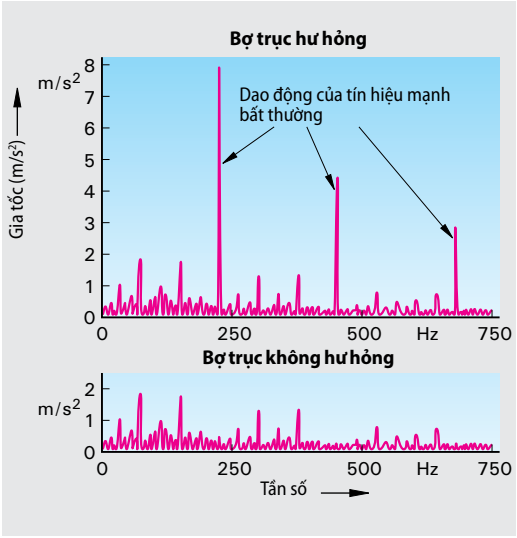
Khi kiểm tra xác định một sự mài mòn quá lớn ngoài mức bình thường hoặc sự hư hỏng từng bộ phận, thì phải tìm ra chính xác hơn về nguyên nhân của thiệt hại (**Hình 3**).

Môn học về ma sát cung cấp thông tin có giá trị cao cho điều này. Nó miêu tả và phân tích sự liên quan giữa ma sát và mài mòn, phân tích ảnh hưởng của lực tải, loại chuyển động, nhiệt độ và khí quyển bao quanh bộ phận lắp ráp.

Bảng 1: Những khả năng kiểm tra đơn giản	
Nhìn:	Mực chất lỏng, đường nứt trong cơ phận
Nghe:	Tiếng động của máy, của trục
Ngửi:	Khí thải, vòng kín bị nung cháy
Sờ:	Mặt nhám, bộ phận máy bị nóng
Đọc:	Bảng hiển thị áp suất và bảng nhiệt độ



Hình 1: Trang thiết bị phân tích dao động với phần mềm hiển thị trong màn hình

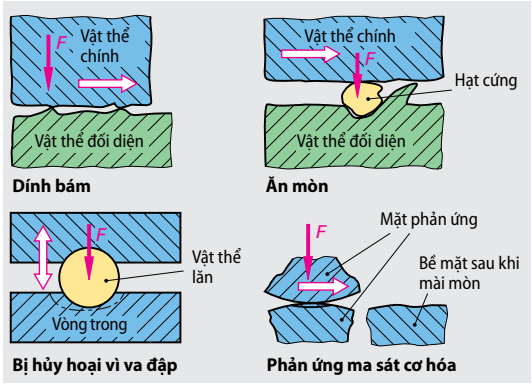


Hình 2: So sánh chuyển động tần số trong bợ

Hình 3: Tổn hại mỏi ở bề mặt vòng lăn ngoài của vỏ bạc đạn côn

Môn học về ma sát (ma sát học) phân biệt bốn nguyên nhân mài mòn (**Hình 1**):

- **Dính bám**: Lúc chuyển trượt giữa vật thể chính và vật thể đối diện sẽ gây ra mài mòn trầm trọng vì thiếu bôi trơn.
- **Mài mòn:** Hạt cứng chui vào lớp vùng biên và tạo ra đường rãnh.
- **Hư hại vì va đập**: Hình thành qua tác động va chạm thường xuyên, thí dụ do thay đổi tải trọng lúc bi lăn trong vành bợ.
- **Phản ứng ăn mòn cơ hóa**: Sự phá vỡ bề mặt bắt đầu cùng lúc với sự xâm nhập của các chất ăn mòn để oxít-hóa.



Hình 1: Những cơ cấu mài mòn của sự ma sát

Tất cả kết quả kiểm tra được thu nhận, gom góp và đánh giá với sự trợ giúp của máy tính (**Hình 2**). Từ sự phân tích của số liệu kết quả sẽ rút ra bước hành động kế tiếp. Những biện pháp bảo dưỡng nhỏ hơn được thực hiện ngay sau khi kiểm tra.

Nếu khả năng chịu hao mòn của hệ thống đã hết thì cần thiết phải thực hiện bảo trì và sửa chữa tận gốc.

Hình 2: Quản lý số liệu kiểm tra bằng máy tính

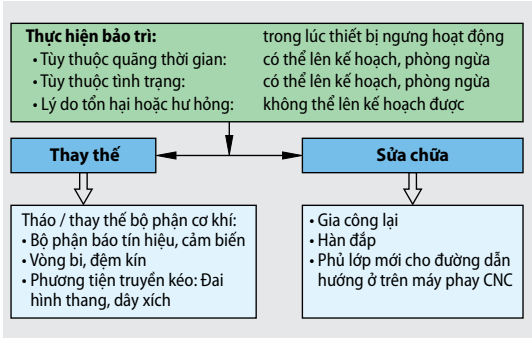
5.10.7 Sửa chữa

Sửa chữa gồm tất cả biện pháp đưa máy hay một hệ thống máy trở về tình trạng có khả năng hoạt động.

Đây là phần khó nhất của bảo trì và thường sinh ra tốn kém lúc ngừng máy. Việc sửa chữa trên nguyên tắc không tránh khỏi vì vật liệu bị ăn mòn, có dạng lỗi hay mỏi, đứt gãy vì bị cưỡng bức hay mệt mỏi cũng như lỗi lúc sử dụng hay lỗi vận hành.

Tùy theo khái niệm bảo trì các biện pháp bảo trì được thực hiện tùy thuộc vào khoảng cách thời gian, tình trạng hay vào sự cố.

Những chi tiết đã sử dụng hay hư hại tùy theo tính khả thi kỹ thuật hay hiệu quả kinh tế phải được sửa chữa, thay thế hay nâng cấp (**Hình 3**).

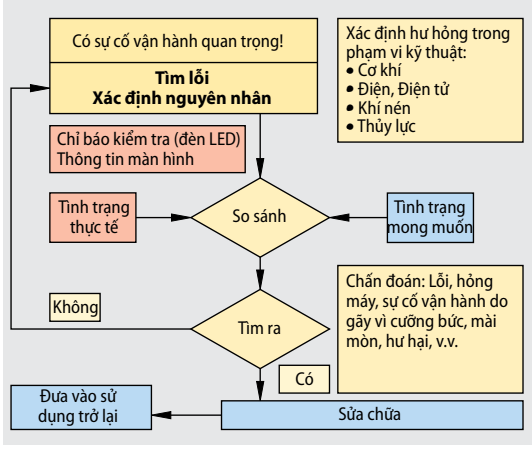


Hình 3: Biện pháp thực hiện sửa chữa

Bảo trì các biện pháp bảo trì được thực hiện tùy thuộc vào khoảng cách thời gian, tình trạng hay vào sự cố.

Những chi tiết đã sử dụng hay hư hại tùy theo tính khả thi kỹ thuật hay hiệu quả kinh tế phải được sửa chữa, thay thế hay nâng cấp (**Hình 3**).

Hình 4 trình bày một chu trình sửa chữa. Điều kiện trước tiên là sự so sánh của giữa tình trạng MONG MUỐN và THỰC TẾ và việc tìm sai hỏng một cách hệ thống. Trong ấy nên làm rõ rằng phải tìm sai hỏng nơi đâu, thí dụ trong phạm vi hệ thống cơ khí, điện hay thủy lực. Điều kiện để phát hiện sai hỏng là kiến thức hiểu biết cao về hệ thống sản xuất.



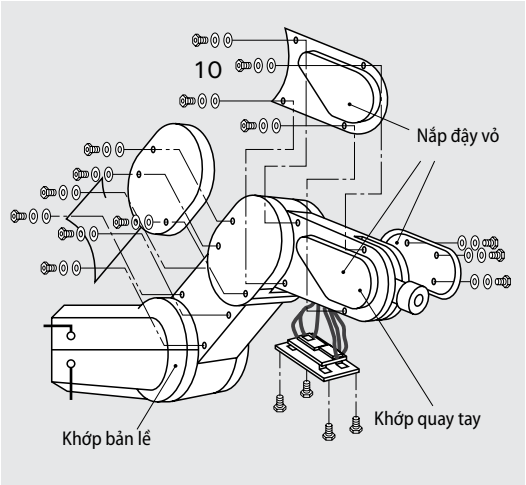
Hình 4: Sơ đồ diễn tiến của việc sửa chữa

Thí dụ cho sửa chữa

Ở hệ thống thiết bị lắp đặt linh kiện của một robot công nghiệp, tay cầm không xoay đúng nữa. Nó chuyển động không kiểm soát được và phát ra tiếng rè như máy mài. Được phỏng đoán có một sự sai sót cơ khí, thí dụ như một dây đai răng bị hỏng.

Theo chỉ dẫn cho kiểm tra và bảo dưỡng của nhà sản xuất thì với khoảng thời gian 2000 giờ có dự tính thay dây đai có răng.

Hệ thống máy được ngừng yên đúng theo sự chỉ dẫn, ngắt công tắc chính của hệ thống. Sự thay thế của bộ phận hư mòn có thể thực hiện ít tốn công, tận dụng hiểu biết chuyên môn có sẵn trong nội bộ xí nghiệp. Việc tháo vỏ hộp được thực hiện dễ dàng qua một bản vẽ trong tài liệu hướng dẫn vận hành (**Hình 1**).

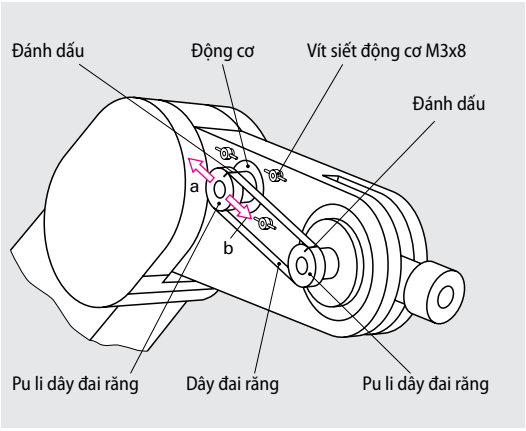


Hình 1: Bản vẽ bố trí cho việc mở vỏ hộp

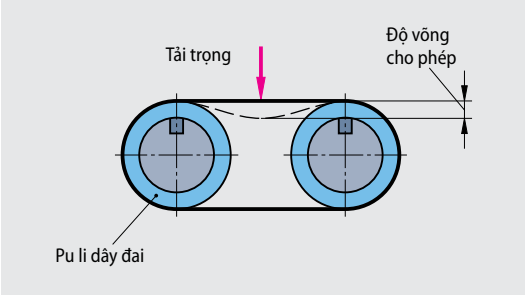
Các bước công việc:

1. Tháo phần của vỏ hộp ở vị trí 10.
2. Đánh dấu điểm điều chỉnh vào dây đai có răng và bánh xe dây đai (**Hình 2**).
3. Tháo ba con ốc vặn cứng và tháo rời dây đai mòn.
4. Ghi những điểm sửa chữa vào dây đai mới. Dây đai lúc này giữ căng thẳng.
5. Ráp dây mới vào bánh xe răng dây đai. Tạo điểm điều chỉnh thích hợp.
6. Đẩy động cơ theo hướng a (=căng) hay b (=bớt căng) đến độ võng gần đúng.
7. Đo độ võng với máy đo độ võng (**Hình 3**).
8. Số liệu của độ võng và tải trọng có thể lấy ra từ **bảng 1**.
9. Siết chặt vít bắt động cơ khi dây đai được căng đúng.
10. Nếu có sự sai biệt lúc định vị phải thay mới các điểm chuẩn.
11. Siết nắp, khóa an toàn cho vít.
12. Đưa robot công nghiệp vào sử dụng. Những đinh ốc siết chặt máy được vặn chặt khi đúng tải trong dây đai.
13. Nếu có sự sai biệt lúc định vị phải thay mới các điểm chuẩn.
14. Siết nắp, khóa an toàn cho vít.
15. Đưa robot kỹ nghệ vào sử dụng.

Sau khi sửa chữa, những việc đã thực hiện được đưa vào hồ sơ. Trong danh sách hư hỏng của máy có những thông tin cần thiết (Hình 1 trang 452).



Hình 2: Thay dây đai răng ở khớp quay tay của robot khớp nối bản lề



Hình 3: Việc chỉnh độ căng của dây đai

Bảng 1:	Độ võng	Tải trọng
Khớp tay quay	2,0 mm	0,5–0,9 N
Khớp bản lề	1,2 mm	0,5–0,9 N

5.10.8 Cải tiến

Điều cơ bản để tối ưu hóa việc sử dụng hệ thống là việc đánh giá hồ sơ tài liệu, thí dụ như danh sách các vụ việc sai hỏng máy.

Danh sách này được ghi lúc bảo dưỡng, kiểm tra và sửa chữa (**Hình 1**).

Cụm máy có vấn đề được phát hiện qua sự thu thập số liệu trong một thời gian dài. Trong thống kê của chi tiết máy, tất cả những số liệu liên quan đến bảo trì cho một trung tâm gia công được lưu trữ tập trung (**Bảng 1**). Việc đánh giá tất cả số liệu thu thập được trình bày bằng biểu đồ cột chỉ ra rằng thời gian ngừng máy tăng khi thay palét (Pwe) (**Hình 2**). Kết quả tương tự như thế cũng có ở ụ trước (Spi). Một kết luận tìm ra khác dựa theo các bộ phận rời cho thấy rằng phần lớn xích vận chuyển của thiết bị thay palét đã dẫn đến thời gian ngừng máy (**Hình 3**).

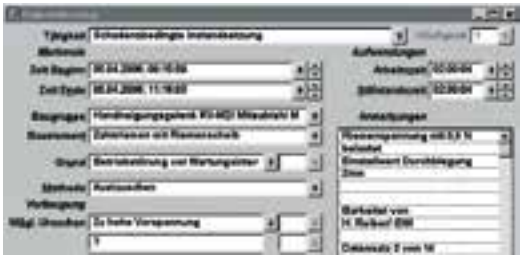
Sự thu thập những dữ liệu như thế cho lời giải thích về chiến lược bảo trì được lựa chọn hoặc về khoảng thời gian được xác định để sửa chữa.

Dữ liệu cũng còn cung cấp thông tin cơ sở cho việc quyết định sửa chữa hoặc cải tiến những điểm yếu của hệ thống.

Trong ý nghĩa của sự bảo trì, **cải tiến** bao gồm việc nâng cao khả năng hoạt động, thí dụ như loại trừ những điểm yếu trong hệ thống hay ở thiết bị.

Cách tác dụng để **cải tiến** có thể tiến hành như sau:

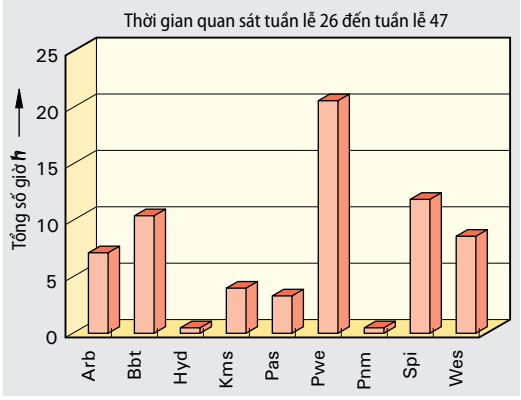
- Ráp những bộ phận với độ bền cao hơn và đặc tính chịu mài mòn cao hơn. Điều này đạt được bằng sự chọn lựa vật liệu thích ứng thí dụ thép hợp kim cao hay gốm, bằng cách nhiệt luyện, thí dụ tôi lớp ngoài như thấm nitơ, vật liệu hỗn hợp mới hay phủ lớp.
- Thay đổi thiết kế thích hợp cho bảo trì: làm đơn giản cho việc tháo ráp những bộ phận có nguy cơ mài mòn, cải tiến việc tiếp cận bằng cách loại đi những bao che và đậy gây khó khăn, thiết lập kế hoạch cho khả năng kiểm tra và khả năng chẩn đoán được dễ dàng trong hệ thống.
- Thay đổi hệ thống: Những phần cơ khí, như trong chế tạo hộp số, được thay vào bằng động cơ điện trợ lực, những hệ thống điều khiển và hệ thống điều chỉnh bằng điện cơ được thay thế bằng những bộ phận điện tử thí dụ như van tỷ lệ.
- Thay đổi sang những nhà sản xuất được chứng nhận là sản phẩm của họ thích hợp cho sự đòi hỏi cao.



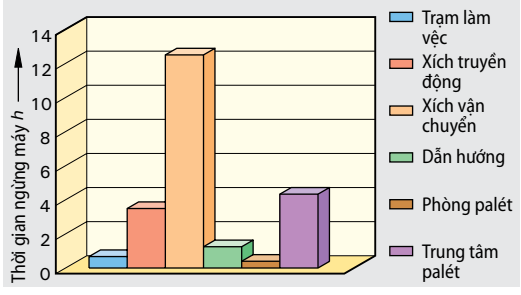
Hình 1: Cửa sổ thu thập số liệu của danh sách sự cố

Bảng 1: Danh sách cụm lắp ráp của một trung tâm gia công CNC với sự xử lý phôi bổ sung

Arb	Không gian làm việc của trung tâm gia công
Bbt	Bàn gia công ở mặt X/Y
Hyd	Hệ thống thủy lực (Kẹp dụng cụ)
Kms	Hệ thống chất làm nguội
Pas	Giàn lưu trữ palét (hệ thống thiết bị ngoại vi)
Pwe	Giàn đổi palett (hệ thống thiết bị ngoại vi)
Pnm	Hệ thống khí nén (khóa cửa)
Spi	Ụ trước
Wes	Hệ thống thay dụng cụ



Hình 2: Thời gian ngừng máy của các nhóm cấu kiện ở trung tâm gia công



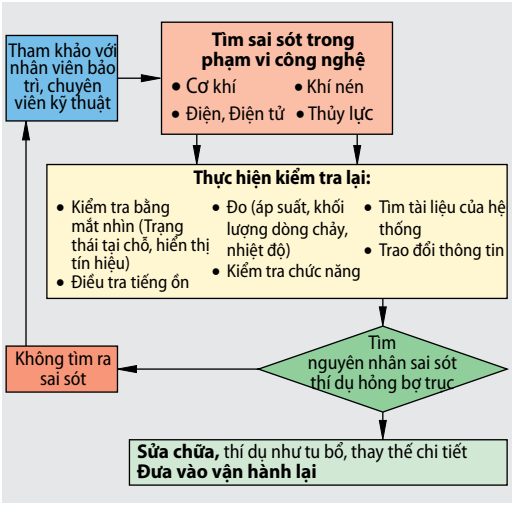
Hình 3: Thời gian ngừng cho các nhóm cấu kiện của thiết bị thay thế palét

5.10.9 Tìm chỗ hỏng (khuyết tật) và nguồn sai sót (lỗi)

Những phương pháp giản dị để phát hiện chỗ hỏng là:

- Kiểm tra bằng mắt nhìn sự bám chặt thí dụ kẹt phoi, tiếp điểm bị dơ bẩn
- Chú ý đến tiếng động bất thường của máy và tìm nguyên nhân
- Kiểm tra sự quá nóng bằng cách sờ cẩn thận bằng tay, thí dụ nơi vỏ bợ trục
- Rà soát lại việc cung ứng áp suất trong hệ thống khí nén
- Kiểm tra việc cung cấp điện, nhất là công tắc và ổ cắm.

Mục đích của những việc kiểm tra đơn giản này là giới hạn lại nguồn lỗi, thí dụ như sai sót của hệ thống điện hay điện tử, trong hệ thống thủy lực hoặc trong một nhóm cấu kiện nhất định của máy. **Hình 1** chỉ dẫn một cách tiến hành có hệ thống để tìm chỗ hỏng và nguồn lỗi.



Hình 1: Sơ đồ của quy trình thực hiện việc tìm sai sót

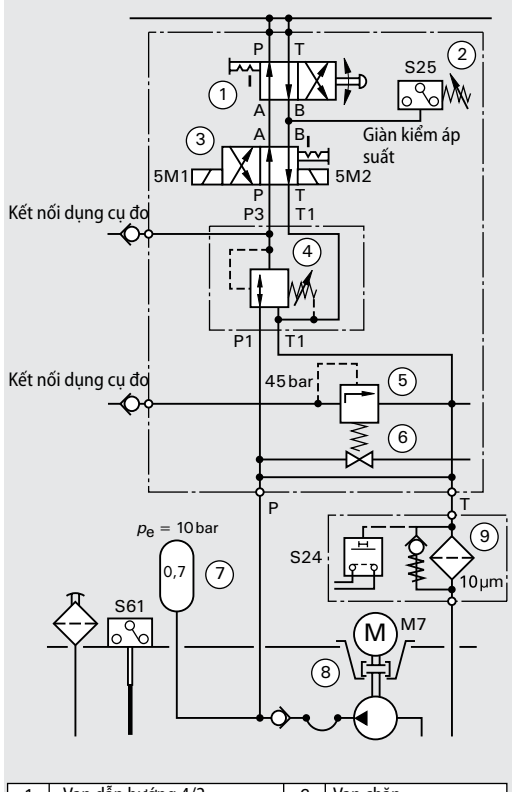
Tìm vị trí hỏng sẽ khó khăn khi không thể nhận biết nguyên nhân một cách rõ ràng và hệ thống bị tắt tự động. Trong trường hợp này kinh nghiệm và kiến thức chính xác về loại máy bị hư hỏng cũng như sự đòi hỏi hiểu biết vượt ra ngoài khả năng của nhân viên bảo trì.

Tất cả tài liệu của hệ thống đều rất có ích để tìm hiểu về máy, như hồ sơ chỉ dẫn vận hành với chương trình tổng quát tìm kiếm chỗ hỏng, hình vẽ tổng thể với danh sách các chi tiết hay lịch trình chuyển mạch và lịch trình chức năng. Việc nhìn thấy máy tận mắt và trao đổi thông tin tương ứng với công nhân đứng máy và người chỉnh máy tại chỗ là điều quan trọng.

Tìm sai sót và loại bỏ sai sót, thí dụ như ở máy tiện CNC, việc này được thực hiện một cách có hệ thống. Thí dụ như bộ phận giám sát áp suất 2 (S25) trong **Hình 2** xác định chắc chắn được rằng, áp suất kẹp cho mâm kẹp ba chấu không đủ, máy tự động tắt. Cùng lúc xuất hiện sai sót này trên màn hình của máy.

Để xác định tình trạng HIỆN CÓ trong hệ thống thủy lực có hai mối nối đo được kết vào hệ thống. Nơi đó có thể thực hiện đo áp suất và lưu lượng. Trong ống dẫn vào xi lanh kẹp áp suất trước (P1) và sau (P3) van điều khiển áp suất được đo. Áp suất ở đầu ra P3 quá thấp. Từ điều này người ta có thể kết luận rằng van bị hỏng. Lúc thay van nên để ý đến rằng không có áp suất ở bình chứa chất lỏng.

Sau khi xác định và loại trừ hư hỏng, thí dụ thay van, sự hư hỏng phải được đưa vào hồ sơ.



1	Van dẫn hướng 4/2	6	Van chặn
2	Giàn kiểm áp suất	7	Bồn chứa chất lỏng
3	Van dẫn hướng 4/2	8	Tổ hợp thủy lực
4	Van giảm áp suất	9	Bộ lọc đường về
5	Van giới hạn áp suất		

Hình 2: Sơ đồ thủy lực hệ thống kẹp

5.11 Phân tích thiệt hại và tránh hư hại

Bộ phận nào của máy xảy ra hư hại (**Hình 1**) thì phải thay thế thật nhanh bộ phận đó.

Thời gian ngưng hoạt động của máy gây ra thiệt hại kinh tế. Ngoài ra việc cấu kiện không hoạt động có thể dẫn đến tai nạn hay gây thương tích cho người.

Hình 1: Trục hộp số bị gãy

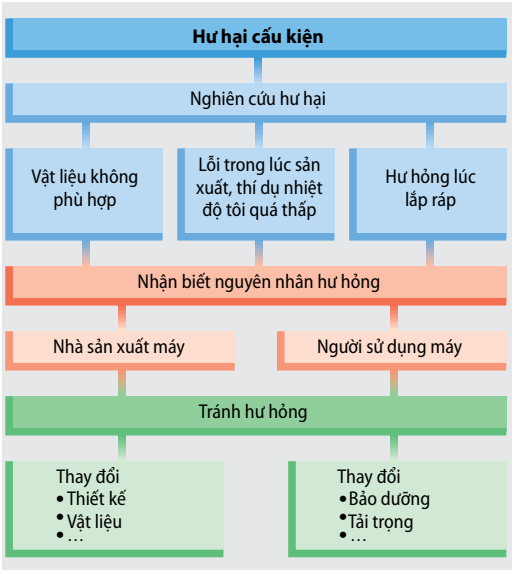
■ Nghiên cứu hư hại

Việc nghiên cứu hư hại sẽ được thực hiện có hệ thống để tránh lập lại (**Hình 2**).

> Sự nghiên cứu hư hại (phân tích hư hại) được sử dụng để xác định nguyên nhân và để tránh sự hư hỏng cùng loại trong tương lai.

Trước tiên kết quả hư hại được xác định rõ ràng mà không cần dùng phương tiện hỗ trợ, thí dụ như hình ảnh chỗ nứt gãy, làn nứt xuất hiện hay sự biến dạng ở chi tiết. Cũng như vậy ta có thể ghi nhận được số liệu của vật liệu (thành phần hợp kim, tình trạng xử lý), điều kiện gây hư hỏng (loại tải trọng, độ cao tải trọng) và điều kiện môi trường xung quanh (nhiệt độ, chất ăn mòn).

Nếu nguyên nhân hư hại khó đánh giá được, phải dùng những phương pháp tốn kém để làm rõ nguyên nhân thí dụ như xét nghiệm cấu trúc tinh thể bằng kính hiển vi, kiểm tra bề mặt bằng phương pháp quét với kính hiển vi điện tử (REM), đo độ rung hay kiểm tra chi tiết với tải vận hành (Trang 455).

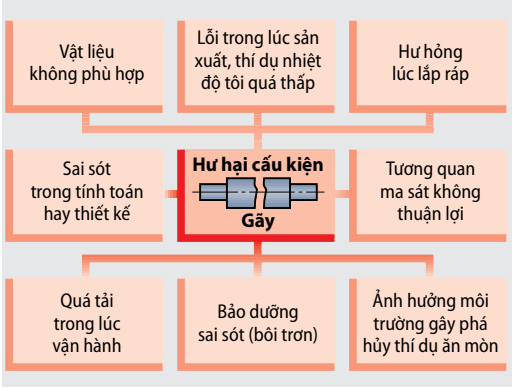


Hình 2: Sơ đồ của việc phân tích hư hại

■ Nguyên nhân hư hại

Từ kết quả của nghiên cứu, nguyên nhân hư hại sẽ được truy tìm (**Hình 3**).

Để nhận ra được những nguyên nhân hư hỏng phức tạp cần có kinh nghiệm lâu năm hoặc nhân viên có đào tạo đặc biệt. Hữu ích cho việc xác định là những hệ thống phân tích hư hỏng được tích hợp trong phần mềm của máy. Chúng cung cấp hoặc thông tin về cụm chi tiết bị hư hỏng (cơ khí, thủy lực, điện khí hoặc điện tử), hoặc khai báo trực tiếp bộ phận bị hư hại.



Hình 3: Nguyên nhân hư hại có thể

> Qua việc loại trừ các nguyên nhân hư hỏng và sửa chữa, chất lượng sản xuất của máy sẽ được thiết lập lại.

Với điều này, sự phát hiện và loại bỏ các nguyên nhân hư hỏng cũng là phần cốt yếu của việc quản lý chất lượng (Trang 61).

■ Tránh hư hại

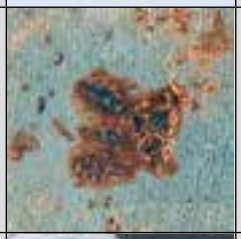
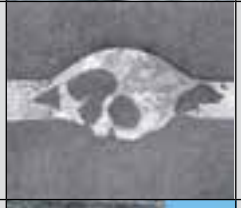
Nguyên nhân hư hại đã tìm được giúp cho nhà sản xuất hoặc người sử dụng máy bị hư hại lấy làm cơ sở để tránh sai sót trong tương lai và do đó cải tiến độ an toàn về chức năng (độ tin cậy).

Những biện pháp tránh hư hại của nhà sản xuất máy có thể thí dụ như là việc sử dụng một vật liệu khác, là một sự thay đổi hình dạng chi tiết, là dùng một hệ thống bảo vệ quá tải (thí dụ dùng bộ ly kết trượt).

Nhà sử dụng máy có thể tránh một sự hư hỏng vì nung quá nóng bằng cách cải tiến việc làm nguội, một sự hư hỏng vì bó cứng qua một sự cải thiện bôi trơn và bảo dưỡng hoặc một sự hại vì quá tải bằng cách hạ mức tải được phép trong tương lai.

Bảng 1 trình bày những bức ảnh về hư hại điển hình và những nghiên cứu hư hại có căn bản dựa vào đấy.

Bảng 1: Trường hợp hư hại và nguyên nhân có thể

Trường hợp hư hại ⇓ Phương pháp phân tích	Hình ảnh hư hại	Loại hư hại ⇒ Nguyên nhân hư hại	Ngừa tránh hư hại
Bộ phận gãy ⇓ Đánh giá hư hại của mặt gãy bằng phương tiện của hình ảnh điện tử quét REM		**Gãy vì lực mạnh bạo (bị cưỡng bức):** ⇒ Quá tải vì lực quá lớn **Gãy mỏi:** ⇒ Quá tải vì ứng suất đổi chiều quá cao (rung)	• Χ□ι τι□ν δ□νγ τηι□τ κ□ χ□α β□ πη□ν • Για τ□νγ κ□χη τη□□χ χ□α β□ πη□ν • □νγ δ□νγ ϖ□τ λι□υ ϖ□ι κη□ ν□νγ χη□υ τ□ι τρ□νγ χαο η□ν
Bộ phận gãy ⇓ Chỗ ăn mòn		**Ăn mòn điểm lỗ chỗ:** ⇒ Môi trường tác động có tính ăn mòn **Ăn mòn nứt gãy liên tinh thể:** ⇒ Môi trường ăn mòn trong tình trạng tải cao	• Τρ□νη τι□π ξ□χ ϖ□ι μ□ι τρ□□νγ □ν μ□ν • Σ□ δ□νγ ϖ□τ λι□υ χ□ κη□ ν□νγ χη□υ □□νγ σ□ □ν μ□ν • Πη□ μ□τ χ□α β□ πη□ν
Bộ phận gãy ⇓ Hư hỏng cấu trúc, ảnh kim tương		**Hạt to:** ⇒ Sự phát triển hạt do nhiệt độ cục bộ quá cao **Biên hạt phình ra:** ⇒ Do chất hydro và nhiệt độ cao **Uốn méo, phồng, nóng chảy:** ⇒ Biến dạng nóng	• Τρ□νη νηι□τ □□ θυ□ μ□χ • Σ□ δ□νγ ϖ□τ λι□υ χη□υ □□νγ νηι□τ □□ χαο ηαψ ϖ□τ λι□υ χη□νγ ηψδρο λ□μ γι□ν
Sai sót mối hàn ⇓ Xét nghiệm siêu âm, ảnh kim tương		**Sai sót trong chân mối hàn:** ⇒ Quá ít vật liệu phụ gia khi hàn **Lỗi kết nối:** ⇒ Nhiệt độ hàn quá thấp	• Κι□μ τρα μ□ψ η□ν ϖ□ ϖ□τ λι□υ η□ν • □□ □ □ι□υ κι□ν η□ν
Tiếng máy chạy ồn lớn ⇓ Kiểm tra sự ma sát của mặt trượt (ảnh hiển vi điện tử quét REM)		**Lằn, vân, lõm:** ⇒ Hao mòn trượt **Vết rỗ:** ⇒ Hao mòn lăn hay hao mòn va đập **Oxít hóa cọ xát:** ⇒ Hao mòn rung chuyển **Rãnh, lồi lõm, trũng:** ⇒ Mòn lưu lực	• Ρ□τ νγ□ν κηο□νγ τη□ι γιαν β□ι τρ□ν □□νη κ□ • Τρυι (τ□ι) μ□τ νγο□ι χ□α χηι τι□τ • Β□τ κ□ν μ□τ χ□ σ□τ

5.12 Ứng suất (ứng lực) và độ bền của cấu kiện

Ứng suất của một chi tiết máy gây ra do lực và mômen quay tác động vào cấu kiện.

Các loại ứng suất (ứng lực) (Bảng 1)

- Kéo
- Cắt
- Xoắn (vặn)
- Ép
- Uốn cong

Ở những chi tiết thon, sự **quẹo gập** (**oằn gấp, uốn dọc**) thuộc vào loại ứng suất ép. Lúc oằn gấp bộ phận bị tác động ép tìm cách tránh qua hướng thẳng góc với hướng lực, thí dụ như chày mỏng của dụng cụ cắt.

Loại ứng suất trên bề mặt tiếp xúc của hai bộ phận ép vào nhau gọi là **áp lực bề mặt**, thí dụ như bạc bợ trục của một ổ trục bị ngõng trục quay ép vào bề mặt.

Nhiều khi trong một bộ phận máy xuất hiện đồng thời nhiều loại ứng suất. Thí dụ như cốt của hộp số cùng lúc bị tác động uốn cong và vặn. Những trường hợp như thế được gọi là **ứng suất hỗn hợp**.

Tác động ứng lực tạo ra trong chi tiết một **ứng suất**. Ứng suất tùy thuộc vào độ lớn của lực và tiết diện, ở các loại ứng suất uốn cong, oằn gấp và vặn còn thêm dạng của tiết diện chi tiết. Ứng suất được chỉ định với đơn vị Newton trên mili mét vuông (N/mm^2).

Ứng suất làm cho một vật liệu bị gãy được gọi là độ bền của vật liệu đó.

Cho mỗi loại ứng suất (ứng lực) ta có một độ bền tương ứng, thí dụ độ bền kéo cho ứng suất (ứng lực) kéo, độ bền ép cho ứng suất (ứng lực) ép.

■ Các loại tải trọng

Lực tác động vào bộ phận máy có thể nhận những độ lớn khác nhau theo trình tự thời gian của chúng (**Hình 1, trang 457**).

Trong trường hợp **tải trọng tĩnh** (trường hợp tải trọng I), tác động lực vào bộ phận máy tăng lên và từ đó ứng suất tăng từ không đến trị số tối đa và sẽ không đổi.

Thí dụ: Tải trọng xoắn của trục truyền động một quạt máy lúc bật lên tăng từ không đến trị số tối đa và giữ không đổi.

Trong trường hợp **tải trọng động,** mức độ thay đổi lâu dài và có thể thay đổi cả hướng ứng suất (liên tục).

Trong trường hợp **tải động ngưỡng** (trường hợp tải trọng II) ứng suất lên xuống giữa không và trị số tối đa.

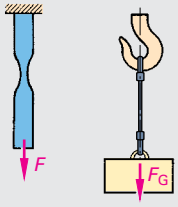
Thí dụ: Ứng suất uốn cong trong một cò mổ xú páp của động cơ.

Trong trường hợp **tải tuần hoàn hay tải đổi hướng** (trường hợp tải trọng III) ứng suất luôn lên xuống giữa điểm dương cao nhất và điểm âm thấp nhất.

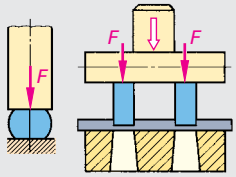
Thí dụ: Ở một trục quay, ứng suất uốn cong có chứa ứng suất kéo và ứng suất nén thay đổi chiều trong mỗi nửa vòng quay.

Bảng 1: Các loại ứng suất (ứng lực)

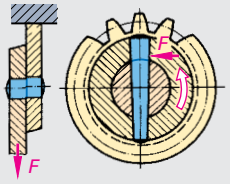
Ứng suất (ứng lực) kéo



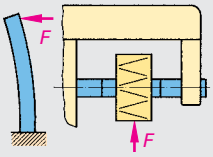
Ứng suất (ứng lực) ép



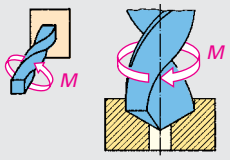
Ứng suất (ứng lực) cắt



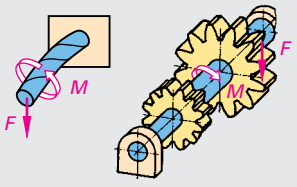
Ứng suất (ứng lực) uốn cong



Ứng suất (ứng lực) xoắn



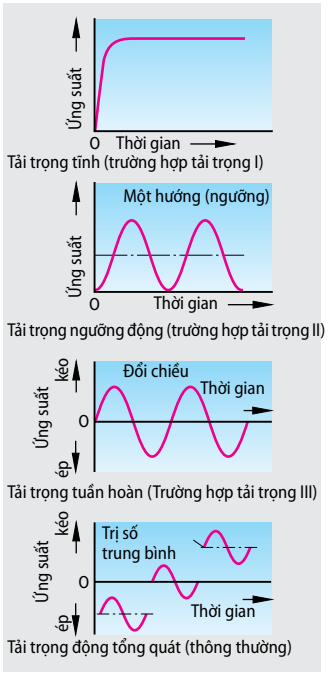
Ứng suất (ứng lực) hỗn hợp (uốn cong và xoắn)



Trong **tải trọng động thông thường** (**tải động tổng quát**) ứng suất lên xuống không đồng đều giữa một trị số cao và một trị số thấp (**Hình 1**).

Thí dụ: Tải trọng xoắn do lực cắt thay đổi trong trục chính máy phay lúc phay chu vi.

Bộ phận máy chịu ứng suất (ứng lực) động làm cho vật liệu bị mỏi và tác dụng của rãnh khía có nguy cơ nhiều hơn tác động tĩnh. Vì lý do này mà độ bền mỏi (trang 298) thấp hơn độ bền của bộ phận bị ứng suất (ứng lực) tĩnh.



Hình 1: Các loại tải trọng

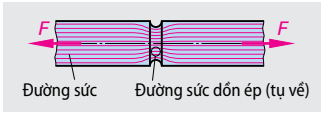
■ Hiệu ứng rãnh khía

Nếu trong chi tiết không có rãnh khía những đường lực phân phối đều thì ở chi tiết có rãnh khía chúng sẽ hội tụ trong vùng tiết diện của vị trí đường rãnh (**Hình 2**). Vì thế tải trọng trong phạm vi có rãnh lớn hơn rõ rệt.

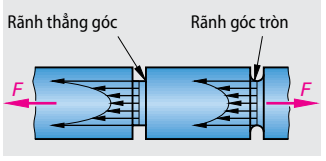
Để không phát sinh gãy mỏi (Trang 298), lúc tính ứng suất giới hạn cho phép σ_{zul} nơi chi tiết có rãnh, người ta lấy ứng suất giới hạn quyết định σ_{lim} chia cho **hệ số rãnh khía** β_k. Độ lớn của hệ số rãnh khía β_K tùy thuộc vào hình dạng và độ lớn của rãnh (**Hình 3**), của vật liệu và của loại ứng suất (ứng lực); hệ số được chọn từ 1,3 đến 3.

Tác động rãnh trước hết là sự thay đổi tiết diện trong một bộ phận, thí dụ như bậc đường kính trục, then khe và rãnh, graphit tấm trong gang sắt với graphit tấm có tác động như là rãnh nội bộ (rãnh bên trong).

Với đường rãnh tròn ở bậc đường kính trục (nơi chuyển tiếp của 2 đường kính khác nhau) và với rãnh giảm tải, những đỉnh ứng suất sẽ nhỏ đi (**Hình 4**).



Hình 2: Hướng chạy của đường sức trong trục kéo có rãnh khía



Hình 3: Diễn biến của ứng suất trong thanh kéo với dạng rãnh khác nhau

■ Ứng suất giới hạn quyết định

Ứng suất giới hạn quyết định σ_{lim} cho một bộ phận là ứng suất gây biến dạng hư hại hoặc gây gãy. Ứng suất này phụ thuộc vào vật liệu, trường hợp tải và loại ứng suất. Vì thế ở trường hợp ứng suất (ứng lực) kéo tĩnh nơi vật liệu dẻo, giới hạn ứng suất quyết định sẽ là **giới hạn đàn hồi** R_e hay **giới hạn giãn nở 0,2%** $R_{p0,2}$, ở những vật liệu giòn là **độ bền kéo** R_m (trang 291). Với ứng suất (ứng lực) động, giới hạn ứng suất quyết định là **độ bền mỏi**.

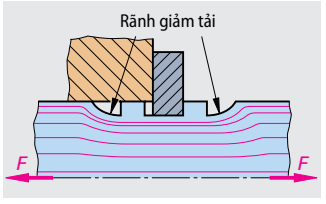
■ Ứng suất cho phép

Vì nguyên nhân an toàn ứng suất được phép phải thấp hơn ứng suất giới hạn quyết định. Ứng suất được phép σ_{lim} sẽ xác định được bằng ứng suất giới hạn quyết định σ_{lim} chia cho **hệ số an toàn v**.

Ứng suất cho phép	$\sigma_{zul} = \sigma_{lim}/v$

Thí dụ: Vật liệu của một sợi dây kéo cho một đối trọng có một giới hạn đàn hồi R_e=540 N/mm². Ứng suất cho phép sẽ là bao nhiêu khi hệ số an toàn v = 1,8?

Lời giải: $\sigma_{zul} = R_e / v$ = (540 N/mm²) / 1,8 = **300 N/mm²**



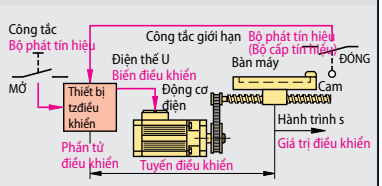
Hình 4: Hướng chạy của đường sức nơi rãnh giảm tải

Ôn tập và đào sâu

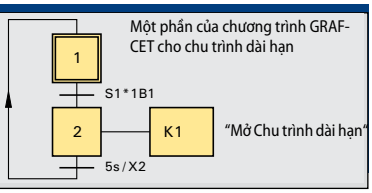
1 Người ta phân biệt những loại tải trọng nào?
2 Độ bền của một vật liệu được hiểu như thế nào?
3 Những phương pháp nào dùng để giảm tác động của rãnh?
4 Vì sao ứng suất cho phép thấp hơn ứng suất giới hạn quyết định?

6 Kỹ thuật tự động hóa

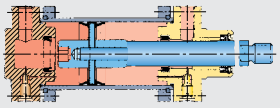
6.1 Điều khiển và điều chỉnh 459
Khái niệm cơ bản của kỹ thuật điều khiển 459
Khái niệm cơ bản của kỹ thuật điều chỉnh 461
Các loại điều chỉnh 462
Bộ điều chỉnh gián đoạn 462
Bộ điều chỉnh liên tục 462



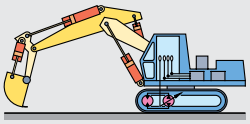
6.2 Cơ bản về việc giải quyết các nhiệm vụ điều khiển 465
Cách vận hành của các hệ điều khiển 465
Các thành phần của hệ điều khiển 466
GRAFCET 476



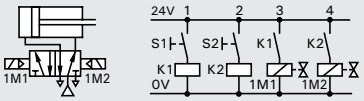
6.3 Điều khiển bằng khí nén 479
Cấu kiện của hệ thống thiết bị khí nén 479
Sơ đồ mạch của hệ điều khiển bằng khí nén 488
Điều khiển điện - khí nén 491



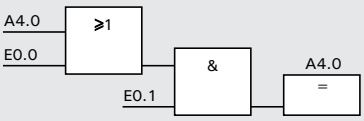
6.4 Điều khiển bằng thủy lực 496
Các thành phần chính 496
Dầu thủy lực, bơm thủy lực 496
Xi lanh thủy lực, động cơ thủy lực, bình chứa thủy lực . 498
Điều khiển điện thủy lực 504



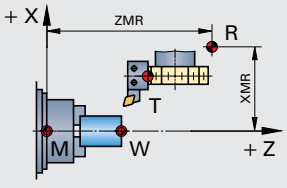
6.5 Điều khiển bằng điện 507
Cấu tạo 507
Thiết bị chuyển mạch điện 507
Điều khiển công tắc bằng điện 509



6.6 Điều khiển lôgic lập trình 511
Điều khiển lôgic lập trình
như là môđun điều khiển nhỏ 511
Điều khiển lôgic lập trình như là một hệ thống
tự động hóa theo mô-đun 514



6.7 Điều khiển CNC 523
Đặc tính của máy NC 523
Tọa độ, điểm gốc và điểm chuẩn 527
Các loại điều khiển, những hiệu chỉnh 529
Tạo chương trình CNC 532
Chu trình và chương trình con 537
Lập trình cho máy tiện NC 538
Lập trình cho máy phay NC 546
Những phương pháp lập trình 551



6 Kỹ thuật tự động hóa

6.1 Điều khiển và điều chỉnh

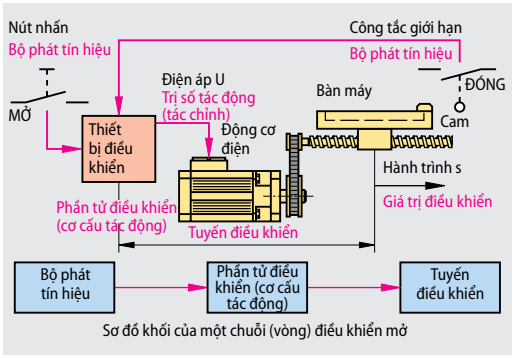
Máy móc và thiết bị được tự động hóa nhờ vào việc sử dụng kỹ thuật điều khiển và kỹ thuật điều chỉnh. Thí dụ, động cơ truyền động trục chính máy tiện đưa số vòng quay lên đến 1000 vòng/phút, quá trình này được gọi là **điều khiển**. Ngược lại, khi đo giá trị thực tế của số vòng quay và so sánh với giá trị cài đặt trước và chỉnh lại nếu có chênh lệch, quá trình này được gọi là **điều chỉnh**.

6.1.1 Khái niệm cơ bản của kỹ thuật điều khiển

Sự điều khiển làm việc theo nguyên tắc **Nhập-Xử lý-Xuất**:

- **N**hập tín hiệu, thí dụ như qua nút bấm, công tắc áp lực và cảm biến…
- **X**ử lý tín hiệu, thí dụ như qua liên kết với một rơ le
- **X**uất tín hiệu, thí dụ ở một động cơ truyền động

Để truyền động bàn máy (**Hình 1**), động cơ điện khởi động bằng một nút ấn qua thiết bị điều khiển và kéo trục chính chạy. Bàn máy chạy cho tới khi cam đạt đến công tắc giới hạn và tạo ra tín hiệu DỪNG. Sự sai lệch của quãng đường chạy được cài đặt trước do hỏng hóc của một hoặc vài bộ phận trên máy thường không được ghi lại hoặc hiệu chỉnh. Quá trình Đóng và Mở này gọi là điều khiển.



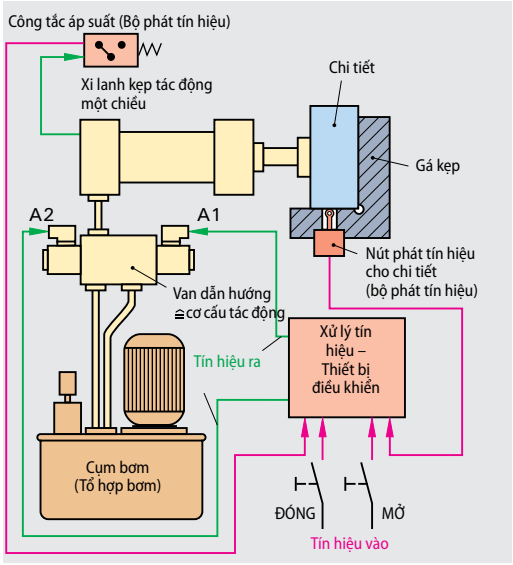
Hình 1: Thí dụ về hệ điều khiển

■ Các khái niệm cơ bản

Các thành phần của hệ thống điều khiển được diễn tả bằng những khái niệm tiêu chuẩn hóa (Hình 1):

Công tắc MỞ là **bộ phát tín hiệu**, thiết bị điều khiển là **phần tử điều khiển** (**cơ cấu tác động**), điện thế U để điều khiển động cơ điện là **biến điều khiển** (**trị số tác động**). Hành trình s của bàn máy được gọi là **giá trị điều khiển** (**trị số điều khiển**). Các đơn vị của máy chịu ảnh hưởng bởi tín hiệu vào được gọi là **tuyến điều khiển**. Toàn bộ hệ thống, gọi tắt là hệ điều khiển, có thể được trình bày qua một sơ đồ khối đơn giản hóa, trong đó mỗi phần tử riêng rẽ của điều khiển được biểu thị bằng khối chữ nhật (Hình 1). Dòng tín hiệu giữa các khối được trình bày qua các **đường tác động**. Không có tác động ngược lại (sự phản hồi) từ giá trị điều khiển đến giá trị tác động. Do đó người ta gọi đây là một **chuỗi điều khiển** mở hay một một trình tự tác động mở.

■ Thí dụ về một hệ điều khiển (Hình 2)



Hình 2: Thiết bị kẹp thủy lực

Trong điều khiển, sự sai lệch giữa giá trị thực tế và giá trị đặt trước không được hiệu chỉnh.

Pittông của xi lanh kẹp chỉ được phép chạy ra khi có chi tiết gia công trong gá kẹp VÀ nút MỞ được nhấn xuống. Sự kết nối hai tín hiệu vào này sẽ mở van dẫn hướng để xi lanh chạy tới (Trang 453). Khi lực kẹp đạt đến mức xác định, công tắc áp suất phát ra tín hiệu để gia công chi tiết. Qua nút ĐÓNG và tín hiệu A2 xi lanh sẽ được điều khiển trở lại.

■ Các loại điều khiển

Các loại điều khiển được phân biệt theo phương pháp xử lý tín hiệu và lập trình.

Phân loại theo phương pháp xử lý tín hiệu

Điều khiển kết hợp lôgic: Để khởi động động cơ dẫn tiến của bàn máy (A1), lưới che chắn bảo vệ (S1) phải được đóng kín, bàn máy tại vị trí cuối (S2) và nút (S3) phải được tác động (**Hình 1**). Như vậy ba tín hiệu vào phải được kết nối lôgic VÀ với nhau để có tín hiệu ra A1.

> Trong điều khiển kết hợp lôgic, điều kiện đóng mở chỉ được đáp ứng khi các tín hiệu kết nối lôgic với nhau.

Điều khiển trình tự (**Điều khiển chu trình**). Trong điều khiển trình tự của một công việc, quá trình chuyển động được giải quyết từng bước.

Trong **điều khiển trình tự theo thời gian,** tín hiệu được phát ra thí dụ qua một cơ cấu cam chuyển mạch (**Hình 2**), một rơ le thời gian hoặc một bộ định thời.

Trong điều khiển trình tự theo quy trình, công việc tiếp theo chỉ bắt đầu khi bước trước đó đã kết thúc (**Hình 3**). Sau khi khởi động bằng nút công tắc S0, bàn máy tiến đến vị trí làm việc. Tại đó công tắc giới hạn S1 phát tín hiệu cho chuyển động nhanh của đơn vị khoan. Sau đó công tắc S2 xuất tín hiệu cho dẫn tiến gia công vv...

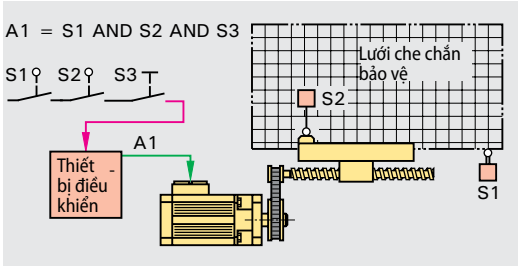
Đối với điều khiển phụ thuộc vào thời gian, nếu một bước vận hành bị lỗi hoặc không xảy ra, bước kế tiếp theo vẫn được thực hiện, do đó có thể dẫn tới sự cố. Vì thế các điều khiển trình tự theo quy trình an toàn hơn các điều khiển trình tự theo thời gian. Điều khiển trình tự theo quy trình được gọi là **điều khiển hành trình theo kế hoạch định trước**, khi những bước gia công tương ứng với hành trình đã qua, thí dụ như đoạn dịch chuyển của một bàn máy (Hình 3).

Phân loại theo phương pháp lập trình

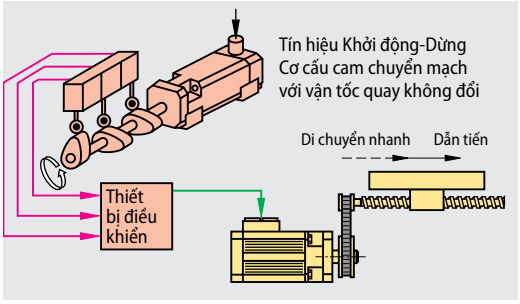
Điều khiển kết nối được lập trình. Trong hệ thống điều khiển bằng khí nén (**Hình 4**), các cấu kiện được kết nối với nhau bằng đường dẫn theo sơ đồ mạch. Khi thay đổi trình tự điều khiển, các đường dẫn phải được lắp đặt lại.

> Đối với điều khiển kết nối được lập trình, quy trình hoạt động được xác định trước qua các cấu kiện và kết nối của chúng.

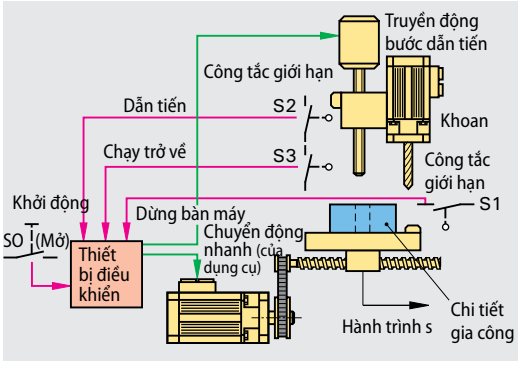
Điều khiển lập trình theo chương trình lưu trong bộ nhớ, hay còn gọi là **điều khiển lôgic lập trình** (**PLC**). Đối với điều khiển lôgic lập trình (Hình 4) trình tự điều khiển được thiết lập qua một chương trình (Trang 514).



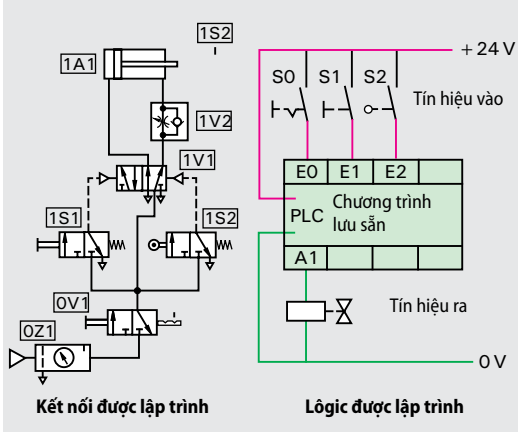
Hình 1: Điều khiển kết hợp lôgic



Hình 2: Điều khiển trình tự theo thời gian



Hình 3: Điều khiển trình tự theo quy trình



Hình 4: Điều khiển kết nối và điều khiển lôgic lập trình

6.1.2 Khái niệm cơ bản về kỹ thuật điều chỉnh

Các quá trình trong kỹ thuật được tự động hóa với các hệ thống thiết bị điều chỉnh. Chức năng của các hệ thống thiết bị điều chỉnh là đạt đến hoặc duy trì các giá trị định trước, thí dụ như vòng quay, vị trí, vận tốc, nhiệt độ. v.v...

Điều chỉnh giá trị cố định. Được gọi là điều chỉnh giá trị cố định khi giá trị cho trước phải được duy trì, không thay đổi trong suốt quá trình điều khiển, thí dụ như vận tốc của máy tiện.

Điều chỉnh nối tiếp. Khi dụng cụ được điều khiển liên tục theo trị số đã được tính toán trước, thí dụ như đường kính khi tiện theo biên dạng, điều này được gọi là điều chỉnh nối tiếp.

■ Thí dụ: Điều chỉnh vòng quay trên máy tiện CNC (Hình 1)

Số vòng quay thực của trục chính (**Trị số điều chỉnh**), thí dụ được đo bằng đồng hồ đo vòng quay kỹ thuật số và được so sánh liên tục tại vị trí so sánh với giá trị định mức của vòng quay (**Trị số kiểm tra, trị số định trước hay biến chuẩn**). Khi có sai lệch, thí dụ vì lực cắt dao động (**đại lượng gây nhiễu, biến gây nhiễu, trị số rối**) bộ điều chỉnh sẽ chỉnh lại số vòng quay cho bằng với giá trị định mức.

Quy trình điều chỉnh được thực hiện bằng cách so sánh liên tục giữa giá trị định mức và giá trị thực của biến điều khiển luôn luôn là vòng khép kín, do đó được gọi là vòng điều chỉnh (**Hình 2**).

Mỗi quy trình điều chỉnh đều được định rõ đặc điểm qua ba quá trình:

- **Đo** biến (được) điều khiển
- **So sánh** với các trị số định trước
- **Cân bằng** qua việc điều chỉnh lại

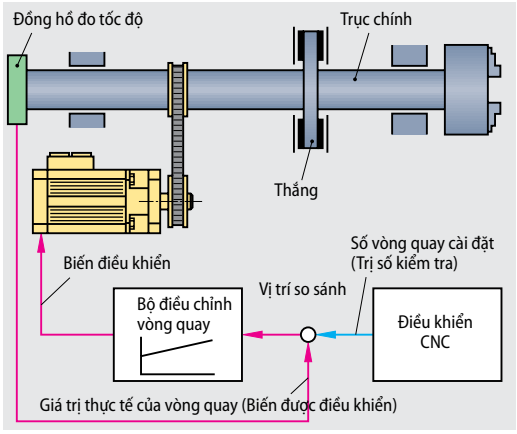
Bộ điều chỉnh và thiết bị hiệu chỉnh lại tạo thành **hệ thống điều chỉnh**. Các đơn vị chịu ảnh hưởng của hệ thống điều chỉnh được gọi là **tuyến điều chỉnh** (**đối tượng điều chỉnh, hệ được điều khiển vòng kín**).

■ Thí dụ về điều chỉnh vị trí (Hình 3)

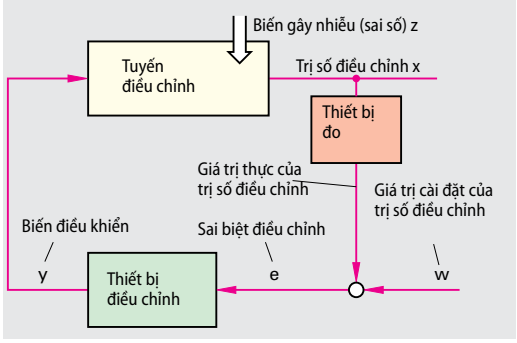
Mỗi máy CNC, ngoài việc điều chỉnh vòng quay còn có một điều chỉnh vị trí để có thể điều chỉnh được dụng cụ hoặc bàn máy theo giá trị định mức đã được lập trình trước (Trang 524). Tuyến điều chỉnh của vòng điều chỉnh vị trí (Hình 3) bao gồm động cơ truyền động bằng ren cầu, bàn máy, và thiết bị đo. Vị trí của bàn máy được đo liên tục và so sánh với giá trị định mức của chương trình. Khi giá trị thực bị sai lệch so với giá trị yêu cầu, bàn máy sẽ chuyển động cho đến khi giá trị thực đạt đến giá trị định mức.

Thí dụ về các quá trình điều chỉnh:

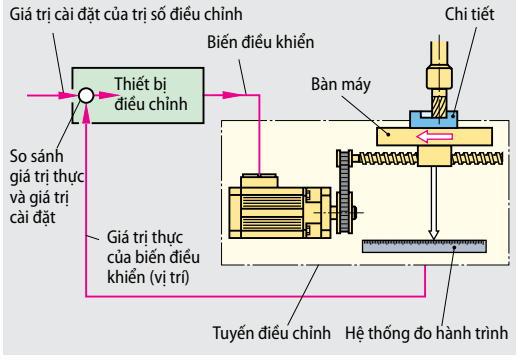
- Điều chỉnh vòng quay khi tiện mặt đầu
- Điều chỉnh vận tốc của ô tô (Tempomat)
- Điều chỉnh nhiệt độ trong lò tôi
- Điều chỉnh áp suất trong thiết bị khí nén
- Điều chỉnh khoảng cách của béc trong máy cắt laser



Hình 1: Điều chỉnh vòng quay trong phương pháp tiện



Hình 2: Sơ đồ khối của vòng điều chỉnh



Hình 3: Vòng điều chỉnh vị trí bộ truyền động dẫn tiến

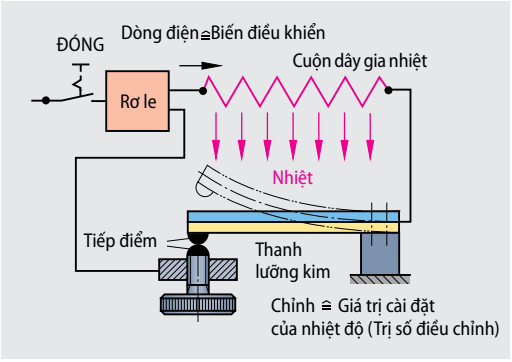
■ Các loại điều chỉnh

Tùy theo cách vận hành người ta phân biệt điều chỉnh liên tục và không liên tục.

Bộ điều chỉnh không liên tục (gián đoạn)

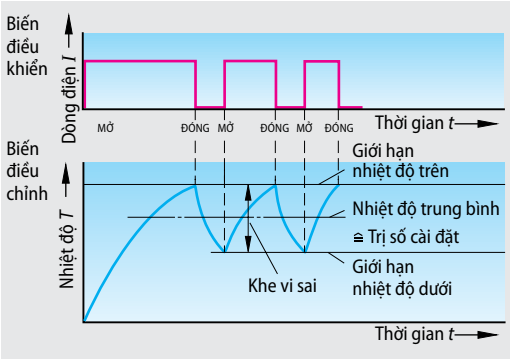
Bộ điều chỉnh không liên tục có hai hoặc nhiều vị trí đóng mở. Bộ điều chỉnh thay đổi biến điều khiển không liên tục bằng cách đóng mở theo bậc. Nếu bộ điều chỉnh chỉ có hai vị trí ĐÓNG và MỞ, còn được gọi là bộ điều chỉnh hai điểm.

Bộ điều chỉnh hai điểm còn được sử dụng như một bộ điều chỉnh lưỡng kim trong mạch điều chỉnh nhiệt độ (**Hình 1**). Khi mở lò sưởi, lúc đầu các tiếp điểm của lò xo lưỡng kim đóng. Khi lò sưởi nóng dần, lò xo lưỡng kim bị cong và mở tiếp điểm tại giới hạn trên của nhiệt độ. Chỉ khi nhiệt độ giảm xuống dưới nhiệt độ giới hạn dưới thì tiếp điểm đóng trở lại và lò sưởi bắt đầu hoạt động.



Hình 1: Bộ điều chỉnh gián đoạn của lò sưởi

Sự khác biệt giữa nhiệt độ mở và nhiệt độ đóng là **khe vi sai** của bộ điều khiển hai tiếp điểm. Nhiệt độ trong lò tự điều chỉnh qua quá trình dẫn nhiệt trễ giữa hai nhiệt độ giới hạn (**Hình 2**).

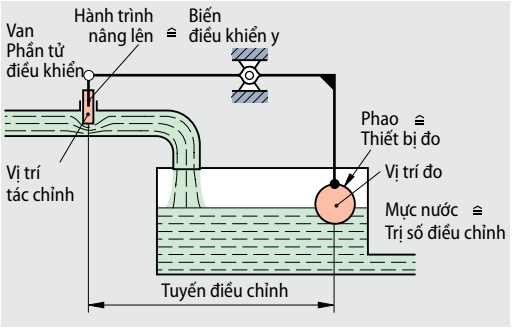


Hình 2: Tính năng điều chỉnh của bộ điều chỉnh hai điểm

Bộ điều chỉnh liên tục

Bộ điều chỉnh liên tục tập hợp biến điều chỉnh *x* và thay đổi biến điều khiển *y* liên tục trong phạm vi điều chỉnh (**Hình 3**). Hệ thống có thể duy trì biến điều chỉnh, thí dụ như mực nước trong bình chứa, một cách chính xác hơn bộ điều chỉnh không liên tục.

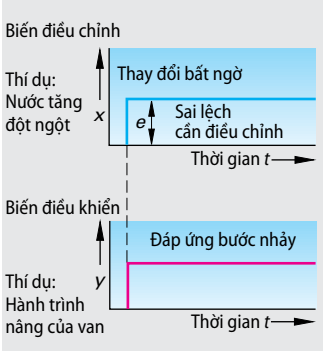
Để khảo sát đặc tính của bộ điều chỉnh liên tục, người ta thay đổi tín hiệu đầu vào *x* một cách gián đoạn và quan sát sự phản ứng tín hiệu đầu ra *y* (**Hình 4**). Cách mà tín hiệu đầu ra thay đổi trong suốt thời gian quan sát được gọi là **hàm chuyển tiếp** hoặc **bước phản hồi nhảy bật** của bộ điều chỉnh. Ở các bộ điều chỉnh liên tục, người ta phân biệt bộ điều chỉnh P, bộ điều chỉnh I, bộ điều chỉnh PI, bộ điều chỉnh D và bộ điều chỉnh PID.



Hình 3: Bộ điều chỉnh liên tục

Bộ điều chỉnh P. Thí dụ: Do trục trặc, dòng nước chảy vào trong ống làm tăng mức nước (Hình 3). Phao nổi theo tác động lên van qua một đòn bẩy, do đó dòng nước dẫn vào giảm dần. Sự thay đổi xảy ra tương ứng với tỷ lệ truyền động của cần van. Sự phản hồi của bộ điều chỉnh cũng là sự thay đổi **tỉ lệ** với tín hiệu đầu vào (**Hình 4**).

Van trong ống dẫn nước vào phải đóng lại sao cho lượng nước chảy vào bình cố định, cho dù lượng nước được dẫn vào tăng lên. Điều này cũng đòi hỏi mức phao và do đó bộ chỉ mức cao hơn. **Bộ điều chỉnh P** như thế luôn còn một sai lệch so với trị giá định mức.



Hình 4: Đặc tính P (tỷ lệ)

Bộ điều chỉnh tỷ lệ (**điều chỉnh P**) phản ứng nhanh khi tín hiệu thay đổi, nhưng vẫn tồn tại một sai lệch điều chỉnh.

Bộ điều chỉnh I: Trong **bộ điều chỉnh tích phân** (điều chỉnh I) một sự thay đổi đột ngột trị số điều chỉnh tạo ra một thay đổi vận tốc của biến điều khiển (trị số tác chỉnh (**Hình 1**). Sự sai lệch điều chỉnh (e_2, e_1) càng lớn tại đầu vào của bộ điều chỉnh khiến phần tử điều khiển (cơ cấu tác động) thay đổi càng nhanh (Đường biểu diễn 1 và 2).

Mực nước của bồn được bộ điều chỉnh I duy trì không thay đổi (**Hình 2**). Khi mực nước đạt đến giá trị yêu cầu, điện áp tại thiết bị đo điện áp bằng không. Động cơ đứng yên. Khi phao hạ xuống, động cơ nhận được điện áp. Phao càng hạ thấp, động cơ quay cành nhanh, do đó van mở nhanh hơn. Vận tốc chỉnh của van tỷ lệ thuận trực tiếp với sự sai lệch điều chỉnh của phao. Chiều điện áp thay đổi khi phao dâng lên trở lại. Qua đó chiều quay của động cơ thay đổi. Van đóng. Trị số thực đạt giá trị yêu cầu, hầu như không có chênh lệch đáng kể.

Bộ điều chỉnh I chậm hơn bộ điều chỉnh P, nhưng loại trừ được hoàn toàn sự sai lệch điều chỉnh.

Bộ điều chỉnh PI. Trong **bộ điều chỉnh PI**, bộ điều chỉnh P (tỷ lệ) và bộ điều chỉnh I (tích phân) lắp song song. Qua đó bộ điều chỉnh PI kết hợp được ưu điểm của bộ điều chỉnh P (điều chỉnh nhanh) với ưu điểm của bộ điều khiển I (không cho phép còn sai lệch điều chỉnh). Thí dụ bộ điều chỉnh PI được dùng để điều chỉnh vị trí bàn máy trong máy CNC.

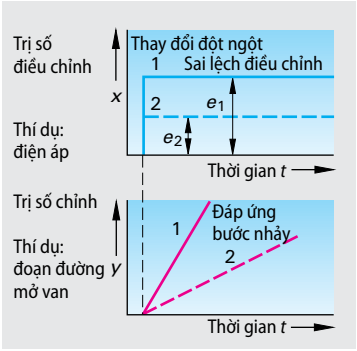
Bộ điều chỉnh D. Ở bộ điều chỉnh tác động **vi phân** (Bộ điều chỉnh D), với một sự sai lệch e rất nhanh, trị số chỉnh y thay đổi trong thời gian ngắn và sau đó trở lại trị số ban đầu (**Hình 3**). Sự sai lệch càng nhanh, sự thay đổi của trị số điều chỉnh càng lớn. Do **bộ điều chỉnh D** chỉ thay đổi trị số trong thời gian ngắn, không thể bù cho sự sai lệch cố định. Nó chỉ có thể sử dụng chung với bộ điều chỉnh P, I hoặc PI.

Thành phần đạo hàm (phần D, phần vi phân) trong bộ điều khiển làm tăng tốc trị số điều chỉnh và gây ra tác động rất nhanh.

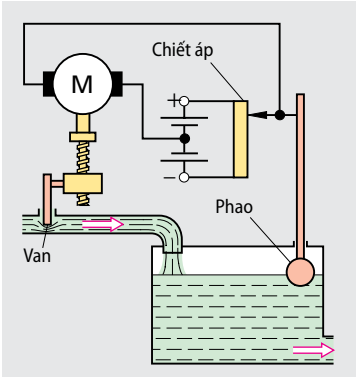
Bộ điều chỉnh PID. **Bộ điều chỉnh PID** tác động còn nhanh hơn bộ điều chỉnh PI. Sau khi thay đổi tín hiệu vào một cách đột ngột (**Hình 4**), phần ảnh hưởng D thay đổi trong thời gian ngắn trị số tác chỉnh (P1). Vì bây giờ phần P của bộ điều chỉnh tác động rất nhanh đến trị số tác chỉnh tương ứng với sự sai lệch điều chỉnh, và sẽ không trở lại trị số ban đầu (P2). Giá trị mới của trị số tác chỉnh được cộng vào phần I của bộ điều chỉnh, do đó sự sai lệch điều chỉnh trở lại bằng không.

Với bộ điều chỉnh PID, người ta có thể điều chỉnh chẳng hạn như số vòng quay của động cơ điện một chiều, qua đó số vòng quay của động cơ cũng không thay đổi ngay cả khi tải khác nhau.

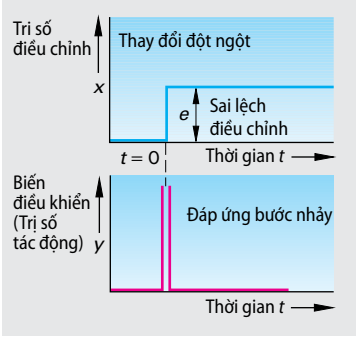
Bộ điều chỉnh PID kết hợp ưu điểm của các bộ điều chỉnh P, I và D, đáp ứng nhanh và loại trừ hoàn toàn sự sai lệch điều chỉnh.



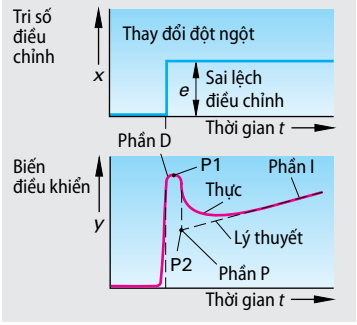
Hình 1: Tính năng I (Đáp ứng tích phân)



Hình 2: Bộ điều chỉnh tích phân I



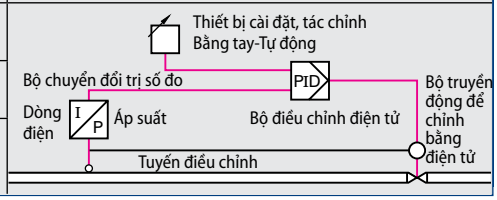
Hình 3: Tính năng D (Đáp ứng vi phân)



Hình 4: Tính năng PID (Sự tác dụng tỷ lệ - vi tích phân)

Các ký hiệu ảnh theo tiêu chuẩn được sử dụng để biểu thị các phần quan trọng của mạch điều chỉnh (**Bảng 1**).

Bảng 1: Ký hiệu ảnh sử dụng trong kỹ thuật điều khiển và điều chỉnh

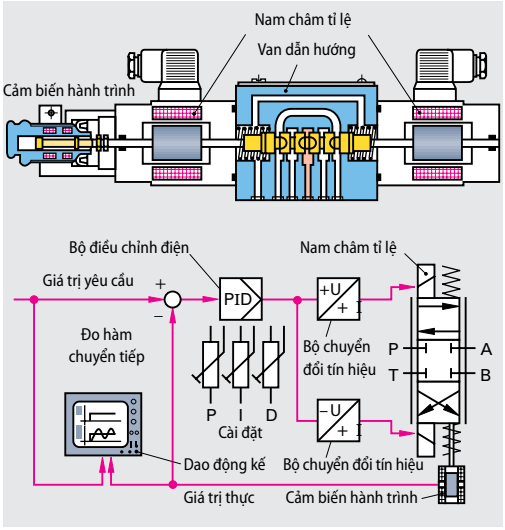
Ký hiệu ảnh	Ý nghĩa	Ký hiệu ảnh	Ý nghĩa	Thí dụ: Điều chỉnh áp suất
	Vị trí đo, đầu dò	I/P	Bộ chuyển đổi tín hiệu hoặc trị số đo	
	Phần tử tác chỉnh, vị trí tác chỉnh		Bộ điều chỉnh, tổng quát	
	Bộ truyền động để chỉnh, tổng quát		Bộ cài đặt/tác chỉnh, tổng quát	

■ Bộ điều chỉnh điện

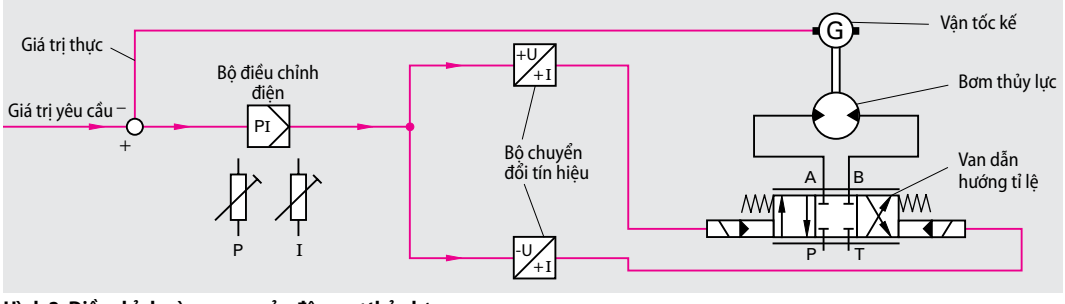
Trong kỹ thuật điều chỉnh, việc xử lý tín hiệu hầu như chỉ được thực hiện bằng bộ điều chỉnh điện.

Thí dụ: Van tỉ lệ với bộ điều chỉnh PID. Thí dụ, vận tốc của xi lanh thủy lực có thể được điều chỉnh vô cấp bằng van tỉ lệ (**Hình 1**). Chúng có bộ ghi nhận hành trình *(cảm biến hành trình)* để đo hành trình của van bằng điện và chuyển đổi sang dòng điện điều khiển. Dòng điện này được điều chỉnh lại qua bộ điều chỉnh PID theo giá trị định mức và cấp cho nam châm tỉ lệ (Trang 502).

Thí dụ: Điều chỉnh vòng quay của động cơ thủy lực. Trục đùn ép của máy đúc áp lực được truyền động từ động cơ thủy lực. Để duy trì tốc độ vòng quay không đổi, người ta sử dụng bộ điều chỉnh PI (**Hình 2**). Phần tử tác chỉnh là một van tỉ lệ. Vận tốc kế cho biết trị số thực của vòng quay. Khi số vòng quay thực bị giảm, lưu lượng qua van sẽ thay đổi do bộ điều chỉnh PI. Điều này sẽ tác động làm thay đổi số vòng quay.



Hình 1: Van dẫn hướng tỉ lệ với bộ điều chỉnh PID



Hình 2: Điều chỉnh vòng quay của động cơ thủy lực

Ôn tập và đào sâu

1. Điều khiển kết nối lôgic có những đặc tính nào?
2. Hai loại điều khiển trình tự phân biệt với nhau như thế nào?
3. Làm cách nào để phân biệt giữa điều khiển kết nối và điều khiển lôgic lập trình?
4. Làm thế nào để phân biệt giữa bộ điều chỉnh liên tục và không liên tục?
5. Bộ điều chỉnh P và I có những đặc tính nào?
6. Thành phần D tác động như thế nào trong bộ điều khiển liên tục?
7. Hãy nêu hai ứng dụng của bộ điều chỉnh PID.

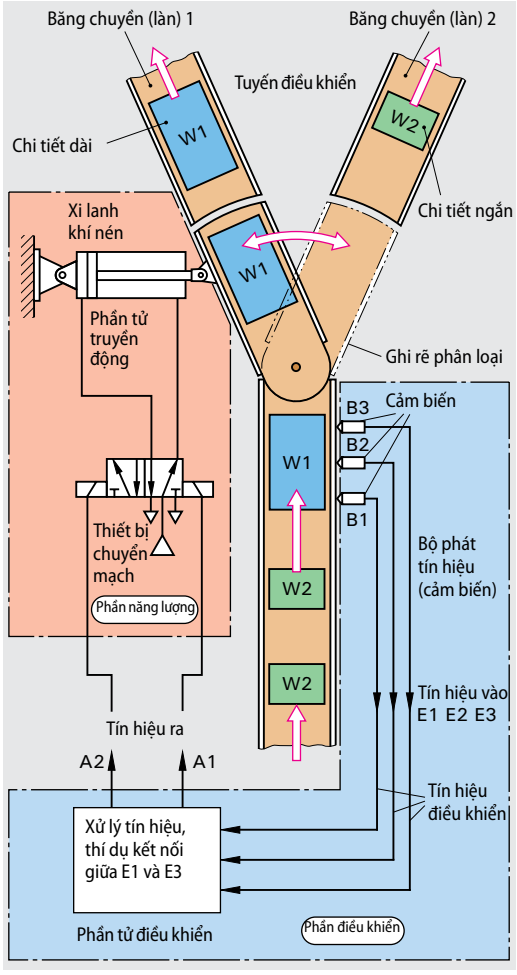
6.2 Cơ bản về việc giải quyết các nhiệm vụ điều khiển

Chức năng của máy, thiết bị và toàn bộ hệ thống được xác định bằng hệ điều khiển của chúng. Hệ thống điều khiển bao gồm bộ cấp tín hiệu, các phần tử điều khiển, thiết bị đóng mở và các phần tử truyền động (cơ cấu chấp hành). Các cấu kiện này có thể vận hành bằng điện, thủy lực, khí nén hoặc cơ khí. Cấu tạo cơ bản và chức năng của các hệ điều khiển có thể được trình bày một cách thống nhất và không lệ thuộc vào loại vận hành (xem trang 476).

6.2.1 Cách vận hành của các hệ điều khiển

Hệ điều khiển nhận tín hiệu đến từ bộ phát tín hiệu, "xử lý" chúng trong các phần tử điều khiển thực sự sau đó phát lệnh chuyển mạch đến bộ phận đóng mở. Các phần tử truyền động được điều khiển bởi bộ chuyển mạch thực hiện các chuyển động trên máy.

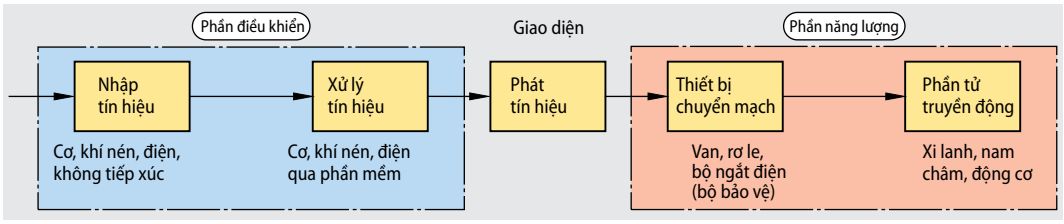
Thí dụ về điều khiển: Máy phân loại chi tiết (**Hình 1**)
Nhiệm vụ. Các chi tiết dài (W1) và chi tiết ngắn (W2) được đưa vào trên băng tải của thiết bị phân loại và sẽ được phân loại tại đây.
Quá trình phân loại: Chi tiết đi ngang qua 3 cảm biến trong thiết bị phân loại B1, B2, B3; chi tiết dài che trong thời gian ngắn tất cả ba cảm biến, chi tiết ngắn chỉ che cảm biến ở giữa trong thời gian ngắn. Tín hiệu của các cảm biến được nối kết với nhau trong hệ điều khiển (Trang 473) và kết quả là lệnh chuyển mạch phát đến van dẫn hướng 5/2. Van này điều khiển xi lanh khí nén. Đối với các chi tiết dài, xi lanh kéo ghi rẽ về phía trái. Ghi rẽ đứng ở vị trí này cho đến khi cảm biến lại nhận ra một chi tiết ngắn. Sau đó xi lanh đẩy ghi rẽ sang phía phải. Vị trí này được duy trì cho đến chi tiết dài kế tiếp.



Hình 1: Điều khiển thiết bị phân loại

Các nhóm cấu kiện hệ điều khiển

Hệ điều khiển thường bao gồm phần điều khiển thực sự và phần năng lượng (**Hình 2**). Phần điều khiển và năng lượng kết nối với nhau bằng các giao diện. Tín hiệu được đưa vào và xử lý trong phần điều khiển, được chuyển đến phần năng lượng, trong đó thiết bị đóng mở điều khiển các phần tử truyền động. Để giữ cho hệ điều khiển nhỏ như có thể, thông thường phần điều khiển được vận hành với điện áp hoặc áp suất nhỏ hơn phần năng lượng. Vì thế, tại các giao diện cần phải khuếch đại tín hiệu đầu ra của phần điều khiển.



Hình 2: Các nhóm cấu kiện của hệ điều khiển

6.2.2 Các thành phần của hệ điều khiển

Hệ điều khiển bao gồm **bộ phát tín hiệu** (thí dụ: công tắc và cảm biến), **phần tử điều khiển** (thí dụ: rơ le và bộ vi xử lý), **phần tử tác chỉnh** (thí dụ: van ổn định đơn và kép) và **phần tử truyền động** (thí dụ: xi lanh, máy bơm, và động cơ) (**Bảng 1**).

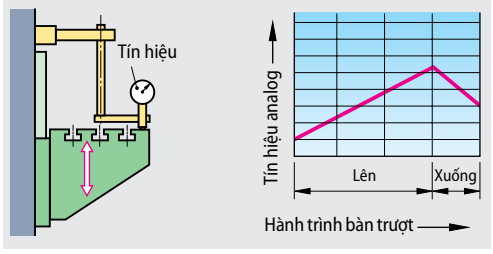
Bảng 1: Cấu tạo của hệ điều khiển (Nguyên tắc NXX Nhập-Xử lý-Xuất)	
Các thành phần điều khiển	**Các linh kiện**
Bộ phát tín hiệu (Tín hiệu-**N**hập)	Công tắc, nút nhấn, cảm biến
Các phần tử điều khiển (Tín hiệu- **X**ử lý)	Van áp suất kép (Van 2 nút nhấn), van chuyển đổi, rơ le
Phần tử truyền động (Tín hiệu-**X**uất)	Xi lanh, tay nắm, máy nén khí, bơm, công tắc bảo vệ, động cơ

Các linh kiện trong hệ điều khiển có thể được chia theo cách nhập tín hiệu và xử lý tín hiệu thành ba loại (**Bảng 2**).

Bảng 2: Linh kiện xử lý tín hiệu trong hệ điều khiển	
Thành phần điều khiển	**Các linh kiện**
Điều khiển analog	Van liên tục, hộp số vô cấp, cảm biến analog
Điều khiển digital	Hệ thống đo hành trình, bộ vi xử lý, cảm biến digital
Điều khiển nhị phân	Nút bấm chuyển mạch (tín hiệu ngắn) và công tắc chuyển mạch (tín hiệu liên tục); van dẫn hướng; cảm biến nhị phân

6.2.2.1 Các loại tín hiệu - Dạng tín hiệu

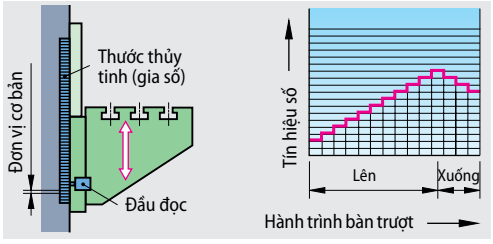
Các tín hiệu do nút công tắc và cảm biến phát ra, ảnh hưởng đến quá trình điều khiển, bao gồm nhiều **dạng tín hiệu** khác nhau. Người ta phân biệt **tín hiệu liên tục** (**analog**), **số** (**digital**), **và nhị phân** (**binary**). Tín hiệu **analog** (**liên tục**) thay đổi liên tục với trị số đầu vào (**Hình 1**). Thí dụ, hành trình của bàn trượt càng lớn (trị số đầu vào) và cũng là chốt đo của đồng hồ đo, thì góc quay của kim đồng hồ đo càng lớn (trị số đầu ra). Các đầu đo bằng khí nén (Trang 29) hoặc cảm biến analog (Trang 469) phát tín hiệu đầu ra loại analog.



Hình 1: Tín hiệu tương tự

Tín hiệu analog có thể nhận giá trị bất kỳ.

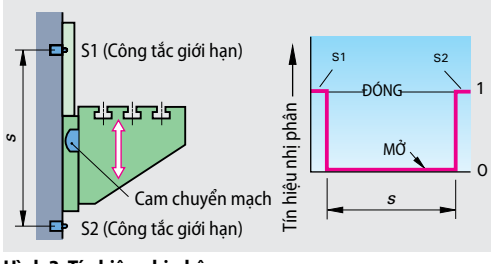
Tín hiệu số (**digital/gián đoạn**) được tạo thành từ một chuỗi giới hạn của các giá trị bậc (**Hình 2**). Thí dụ, trong máy CNC, tín hiệu số cho một đoạn đường dài 10 mm bao gồm 10 000 xung tại thước đo thủy tinh của thiết bị đo hành trình. Khi cần tín hiệu số, tín hiệu analog được chuyển đổi sang tín hiệu số bằng bộ chuyển đổi tín hiệu analog qua số.



Hình 2: Tín hiệu số

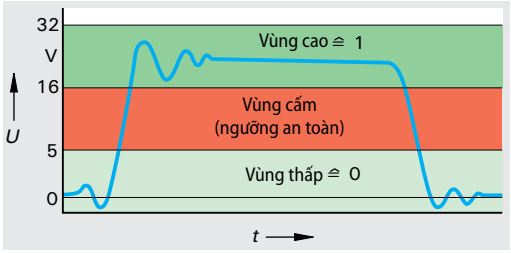
Tất cả các quá trình đếm đều cung cấp tín hiệu số.

Tín hiệu nhị phân chỉ nhận hai giá trị cũng là hai trạng thái (**Hình 3**). Hai giá trị này có thể là 0 và 1 hoặc được mô tả như ĐÓNG và MỞ. Hai nút giới hạn S1 và S2 (Hình 3) phát ra tín hiệu khi cam chuyển mạch vượt qua khiến động cơ dẫn tiến được dừng lại.



Hình 3: Tín hiệu nhị phân

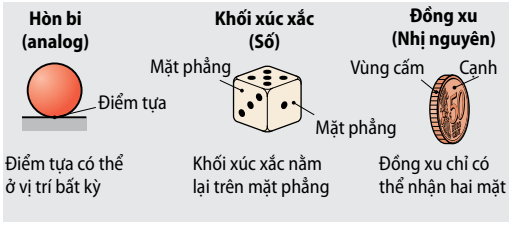
Đối với các phần tử tĩnh (công tắc) trạng thái tín hiệu được tạo ra theo cách nhảy bước khi được tác động. Sự cố có thể xảy ra ở các phần tử phát tín hiệu động (thí dụ như transistor), bởi vì tại đây không có trạng thái lật. Do dòng điện dư hoặc ứng suất dư hay điện áp dao động, có thể sinh ra tín hiệu sai. Vì thế nhà sản xuất (thí dụ của một hệ điều khiển lôgic lập trình) sẽ định nghĩa một phạm vi cao và phạm vi thấp (**Hình 1**). Nếu mức tín hiệu chưa vượt ngưỡng an toàn, có thể sẽ dẫn đến sự chuyển mạch sai. Vì thế bộ phát tín hiệu được trang bị với cơ cấu khóa *(đóng ngắt)* nhanh (Trang 507).



Hình 1: Tín hiệu ở đầu vào 0 – 1 của bộ điều khiển lôgic lập trình (PLC)

Tín hiệu nhị phân thể hiện đơn vị nhỏ nhất của thông tin, gọi là **bit**, viết tắt từ **b**inary digi**t**.

Có thể hình dung các loại tín hiệu như các khối hình học, tín hiệu analog được coi như hòn bi, tín hiệu số là con xúc xắc (chẳng hạn trong trò chơi cá ngựa), và tín hiệu nhị phân là một đồng xu (**Hình 2**).



Hình 2: Những cách mô tả tín hiệu

6.2.2.3 Các loại bộ phát tín hiệu

Các bộ phát tín hiệu được phân loại theo **công tắc vị trí cơ học** (công tắc giới hạn) và **cảm biến** (**Hình 3**).

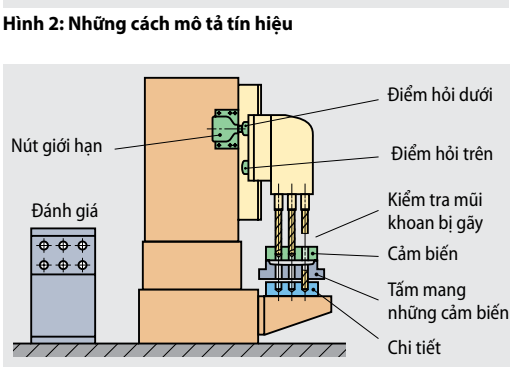
■ Công tắc vị trí cơ học

Công tắc. Công tắc được sử dụng chủ yếu để khởi động và dừng các quá trình chuyển động và làm việc của máy móc. Chúng là những cấu kiện hoạt động nhị phân. Công tắc được thao tác bằng tay, cơ học, thí dụ như qua cam chuyển mạch, điện từ, khí nén, thủy lực...

Nút nhấn. Chỉ phát tín hiệu trong lúc thao tác. Các van dẫn hướng bằng khí nén hoặc thủy lực cũng có thể sử dụng như nút nhấn (**Hình 4**).

Nút bật. Được cài khi thao tác và sau đó phát tín hiệu liên tục.

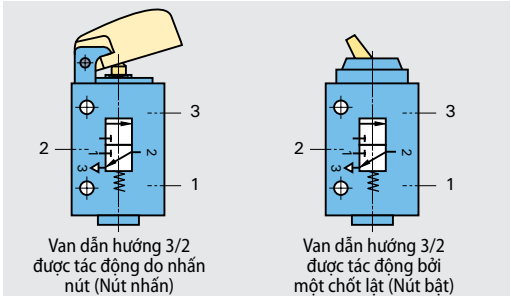
Nút NOT-AUS (**Nút dừng khẩn cấp**). Là nút tác chỉnh với núm thao tác hình nấm, thường có màu đỏ. Sau khi thao tác, nút sẽ ngắt và chỉ được phép mở khóa để hoạt động trở lại sau khi loại trừ các nguy hiểm.



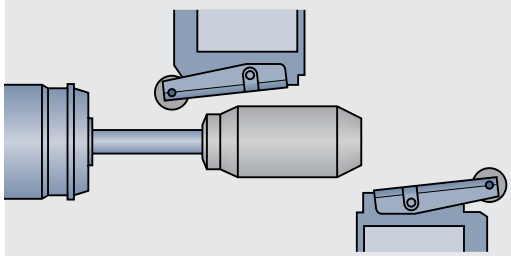
Hình 3: Bộ phát tín hiệu trong kỹ thuật điều khiển

Nút nhấn chỉ phát ra tín hiệu ngắn, nút bật phát ra tín hiệu liên tục.

Công tắc điện (Trang 507) có thể được trang bị với nhiều cặp tiếp điểm, thí dụ như một công tắc thường đóng và một công tắc thường mở hay một bộ chuyển đổi. Nút giới hạn được kích hoạt bởi cơ cấu cam tại các vị trí giới hạn của một cụm lắp ráp. Chúng phải được lắp đặt sao để khi di chuyển chạm nhẹ vào nhau không gây ra hư hại (**Hình 5**).



Hình 4: Van khí nén hoạt động như nút nhấn và công tắc bật chuyển mạch



Hình 5: Thao tác đúng của công tắc giới hạn

Cảm biến (Công tắc tiệm cận)

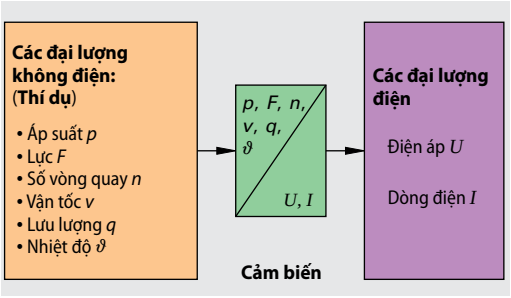
Cảm biến là bộ phận ghi lại trị số đo vật lý dưới dạng giá trị đo từ một quá trình kỹ thuật, chuyển đổi trị số này sang điện áp hoặc dòng điện rồi chuyển đi tiếp để có thể xử lý trong bộ phận tiếp theo (**Hình 1**).

> Cảm biến chuyển đổi giá trị của đại lượng không điện sang đại lượng điện.

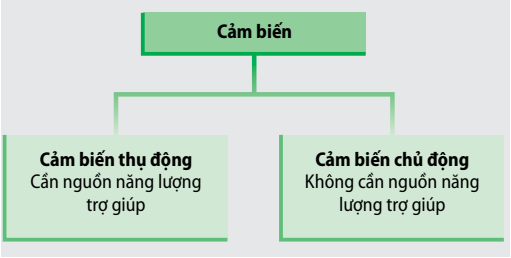
Các số đo vật lý có thể được cảm biến ghi lại, chẳng hạn như áp suất, lực, số vòng quay, vận tốc, lưu lượng, nhiệt độ, các trị số (kích thước) hình học hoặc các chất của những vật liệu khác nhau.

> Cảm biến hoạt động không tiếp xúc. Vì thế chúng không bị mài mòn và không ảnh hưởng đến các trị số điều khiển và điều chỉnh.

Tùy theo cách tác dụng khi chuyển đổi từ các đại lượng không điện sang các đại lượng điện mà người ta phân biệt cảm biến chủ động và cảm biến thụ động (**Hình 2**).



Hình 1: Chuyển đổi đại lượng vật lý bằng bộ cảm biến



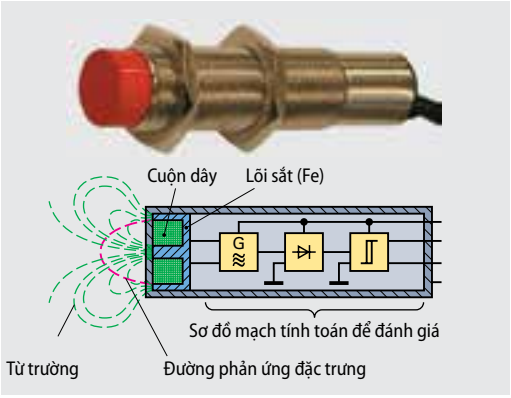
Hình 2: Cảm biến

Cảm biến thụ động

Cảm biến được gọi là thụ động khi cần một nguồn năng lượng trợ giúp để hoạt động (chẳng hạn như nguồn điện áp bên ngoài).

Cảm biến thụ động chứa các phần tử (linh kiện) chẳng hạn như tụ điện, hoặc cuộn dây để tạo ra điện trường hoặc từ trường nhờ nguồn năng lượng từ bên ngoài (**Hình 3**). Khi trường này bị tác động từ một đại lượng không điện đến từ bên ngoài, cảm biến sẽ phát tín hiệu ra được xử lý tiếp.

> Đối với cảm biến thụ động, đại lượng điện được tạo ra từ nguồn bên ngoài sẽ bị tác động bởi một đại lượng gây rối không điện.



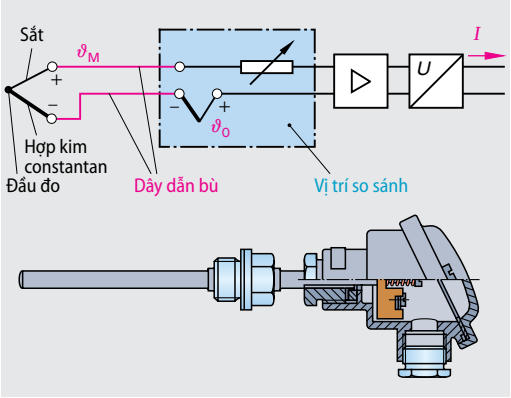
Hình 3: Cảm biến thụ động

Cảm biến chủ động

Cảm biến chủ động không cần năng lượng phụ mà chuyển đổi trực tiếp năng lượng từ bên ngoài (thí dụ như cơ năng, nhiệt năng, hóa năng hoặc quang năng) sang điện năng.

> Đối với cảm biến chủ động, điện năng được tạo ra qua sự chuyển hóa năng lượng.

Nhiệt kế, quang kế hoặc phần tử điện piezo là những phần tử tạo ra điện áp. Thí dụ như trong lò tôi, cặp nhiệt (được hàn lại từ sắt và constantan) chuyển đổi nhiệt năng thành điện năng. Ứng suất nhiệt (nhiệt điện áp) được tạo ra từ nhiệt năng cung cấp dữ liệu về nhiệt độ trong lò (**Hình 4**).



Hình 4: Cảm biến chủ động (cặp nhiệt điện)

Không chỉ phân biệt giữa cảm biến chủ động và thụ động, cảm biến còn được phân theo loại tín hiệu phát, bao gồm

- **Cảm biến analog**
- **Cảm biến nhị phân**
- **Cảm biến digital**

Cảm biến analog

Cảm biến analog cung cấp tín hiệu analog ở đầu ra để tiếp tục xử lý.

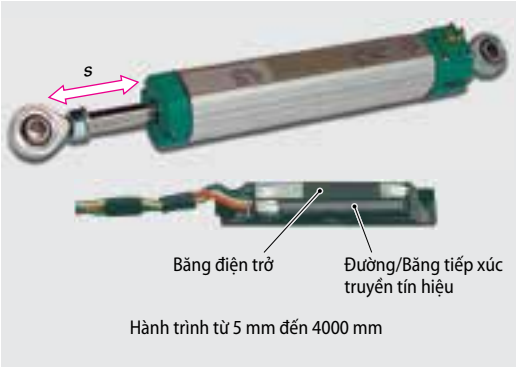
Cảm biến sử dụng với **biến trở** (**chiết áp**) **tuyến tính** (**Hình 1**) hoặc **biến trở** (**chiết áp**) **quay** (**Hình 2**) là loại cảm biến tín hiệu analog, thụ động, được sử dụng để đo góc, đoạn đường, khoảng cách, bề dày... Loại cảm biến này được cung cấp điện áp một chiều từ chiết áp kế được sử dụng như một bộ chia điện áp. Qua vật đo, công tắc trượt di động (đầu rà tiếp xúc) trong chiết áp kế chuyển động và do đó làm thay đổi điện áp tại đầu ra. Điện áp này tỷ lệ với vị trí (góc quay) của công tắc trượt di động (đầu rà tiếp xúc), do đó tỷ lệ với hành trình s và góc quay φ của vật đo.

Chiết áp kế tuyến tính thông dụng có thể đo hành trình trong khoảng 5 - 4.000 mm, và được dùng, chẳng hạn để đo hành trình bàn máy công cụ. Chiết áp kế quay với phạm vi đo từ 0^0 đến 360^0, được dùng để đo góc quay, chẳng hạn như của robot công nghiệp (Trang 340) hay thường được sử dụng trong kỹ thuật đo.

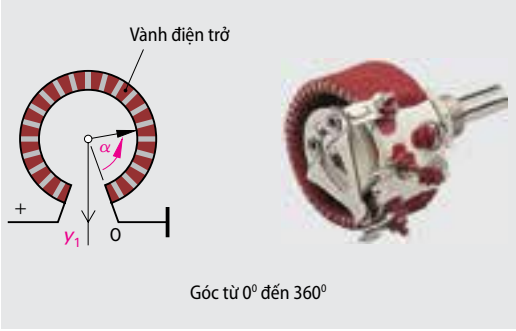
Cảm biến hành trình cảm ứng (**Hình 3**) gồm phần tử chính là cuộn dây kép với lõi sắt (Lõi ferit, lõi từ tính), được cấp điện xoay chiều. Khi lõi sắt di chuyển trong cuộn dây, sự thay đổi cảm ứng trong các nửa cuộn dây tỷ lệ với sự thay đổi hành trình. Thí dụ, chúng được sử dụng làm đầu dò để đo chiều dày của chi tiết, làm bộ cảm biến hành trình trên các máy công cụ cỡ nhỏ hoặc tay cầm *(Dụng cụ kẹp chặt)* của rô bốt.

Cảm biến hành trình điện dung (**Hình 4**) sử dụng tụ điện làm phần tử cảm biến chính. Sự di chuyển của cần đo làm thay đổi điện dung của tụ điện và được sử dụng làm tín hiệu đo. Cảm biến hành trình điện dung được sử dụng thí dụ như trong máy cắt bằng tia laser để đo và điều chỉnh khoảng cách giữa béc cắt và chi tiết.

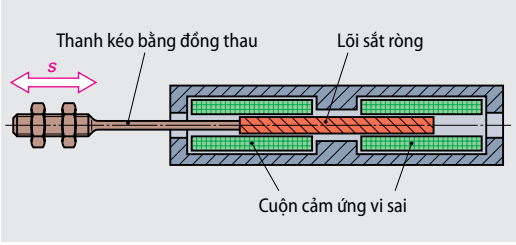
Với cảm biến analog, các đại lượng vật lý, thí dụ như đoạn đường hoặc góc quay có thể được chuyển thành các đại lượng điện analog như điện áp và dòng điện.



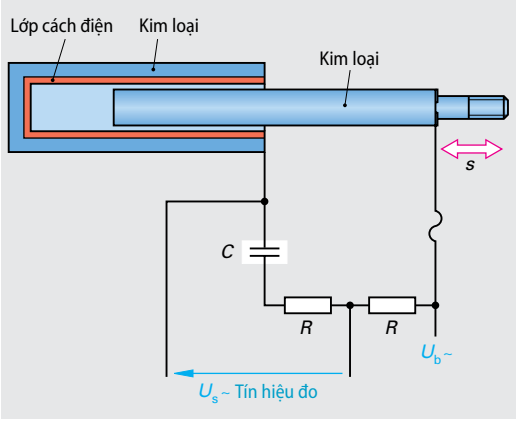
Hình 1: Chiết áp kế tuyến tính



Hình 2: Biến trở kế quay



Hình 3: Cảm biến hành trình cảm ứng



Hình 4: Cảm biến hành trình điện dung

Cảm biến nhị phân

Cảm biến nhị phân là loại cảm biến thụ động, cung cấp tín hiệu nhị phân ở đầu ra. Tín hiệu đầu ra của cảm biến được mắc nối tiếp với tải (**Hình 1**).

Khi tín hiệu vào đạt đến giá trị ngưỡng cho trước, mạch sẽ mở. Khi tín hiệu rời xa, tín hiệu đóng giảm xuống giới hạn dưới dẫn đến đóng mạch. Sự chênh lệch giữa ngưỡng tín hiệu mở và tín hiệu đóng được gọi là độ lệch đóng - mở (Khe vi sai hay khoảng cách chuyển mạch) (**Hình 2**).

> Mọi tín hiệu nhị phân đều có khe vi sai (độ lệch giữa hai trạng thái chuyển mạch).

Phân loại cảm biến theo nguyên lý đo (**Bảng 1**):

- Cảm biến cảm ứng
- Cảm biến điện dung
- Cảm biến từ
- Cảm biến quang
- Cảm biến siêu âm

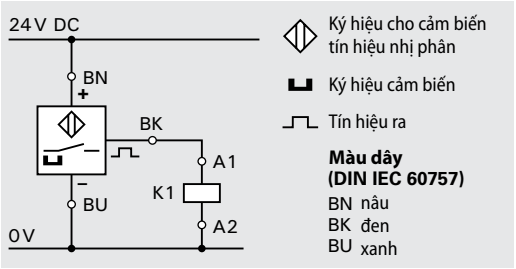
Cảm biến cảm ứng tạo ra một từ trường khuếch tán (trường rò). Vật thể bằng kim loại tiến đến bề mặt hoạt động (đang được kích hoạt) của cảm biến sẽ gây nhiễu loạn từ trường và do đó kích hoạt đóng mở (**Hình 3**).

Khoảng cách đóng mở tối đa tương đương với bán kính của cảm biến, thường từ 4 mm đến 80 mm.

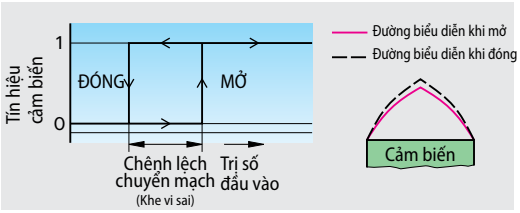
Tần suất đóng mở (tần suất chuyển mạch) khoảng 3000 lần trong một giây, vì thế chúng cũng có thể được sử dụng để giám sát và đo số vòng quay (cảm biến xẻ rãnh). Ngoài ra, loại cảm biến này còn được dùng làm công tắc cuối hành trình trên máy công cụ hay để nhận biết, đếm hoặc phân loại chi tiết.

Vị trí của ghi rẽ trong thiết bị phân loại được điều khiển bằng cảm biến cảm ứng khi ghi rẽ được làm bằng kim loại (**Hình 4**).

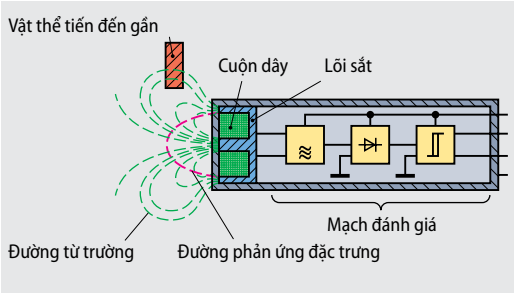
> Cảm biến cảm ứng tạo ra trường rò (trường khuếch tán). Khi từ trường bị gây nhiễu, cảm biến sẽ hoạt động.



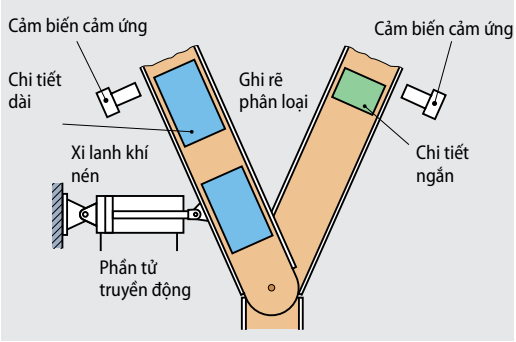
Hình 1: Cảm biến trong mạch ba dây



Hình 2: Chênh lệch chuyển mạch (Khe vi sai)

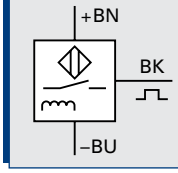
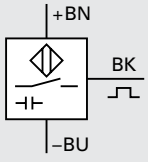
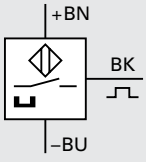
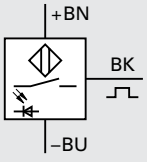
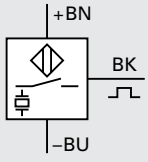


Hình 3: Cấu tạo của cảm biến cảm ứng



Hình 4: Ứng dụng của cảm biến cảm ứng

Bảng 1: Trình bày những ký hiệu các công tắc tiệm cận nhị phân không tiếp xúc

Cảm ứng	Điện dung	Từ	Quang	Siêu âm
				

Cảm biến điện dung tạo ra điện trường rò. Do vật thể, kể cả vật thể phi kim loại, tiến đến gần bề mặt hoạt động của cảm biến thì điện trường bị nhiễu và kích hoạt công tắc. Vỏ ngoài của cảm biến điện dung có hình thức tương tự cảm biến cảm ứng (**Hình 1**).

Phạm vi tác dụng (khoảng chuyển mạch) tùy thuộc vào vật liệu của đối tượng đo, thường trong khoảng 2 mm đến 40 mm. Cảm biến ghi nhận kim loại và phi kim loại, kể cả chất lỏng, vật chất dạng hạt và bột, chẳng hạn các tấm đế (palét) nhựa trên dây chuyền lắp ráp (**Hình 2**) hoặc đo mức chất lỏng.

Cảm biến điện dung tạo ra một điện trường rò. Khi nó bị nhiễu, cảm biến sẽ đóng mở.

Cảm biến từ (Công tắc Reed) là những cảm biến cảm ứng đặc biệt và được sử dụng như các công tắc giới hạn trong xi lanh khí nén (**Hình 3**). Chúng được gắn trực tiếp trên thân xi lanh. Xuyên qua lớp vỏ, cảm biến phát ra một tín hiệu khi một nam châm vĩnh cửu gắn trong ti pittông tiến đến gần. Vì thế vị trí giới hạn của ghi rẽ trong hình 4, trang 470 cũng có thể được điều khiển bằng cách kiểm tra vị trí giới hạn của pittông xi lanh khí nén.

Cảm biến từ tính được tác động bằng nam châm vĩnh cửu.

Cảm biến quang

Cảm biến điện quang được chia thành ba nhóm tùy theo cấu tạo và nguyên lý tác động (**Hình 4**).

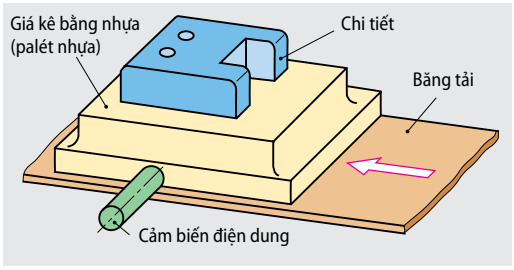
- Công tắc quang (cảm biến ánh sáng)
- Rào chắn ánh sáng phản xạ
- Rào chắn ánh sáng một chiều

Công tắc ánh sáng có bộ phát và thu được đặt chung với nhau. Xung bức xạ hồng ngoại phát ra từ diode sẽ phản xạ khi có một vật thể tiến đến gần và được transistor quang tiếp thu và tiếp tục xử lý. Phạm vi nhận biết đến 2m và tùy thuộc nhiều vào đối tượng.

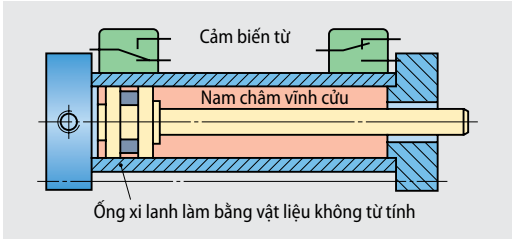
Rào chắn ánh sáng phản xạ cũng có bộ phát và thu đặt trong một hộp chung. Xung ánh sáng phát ra từ bộ phát được tấm phản xạ đặt đối diện phản xạ trở lại. Phạm vi tác dụng khoảng 5 m.

Rào chắn ánh sáng một chiều gồm bộ phát và thu đặt trong hai hộp riêng biệt. Khi tia sáng ở giữa bộ phát và thu bị gián đoạn, tín hiệu sẽ được phát ra. Loại này có phạm vi sử dụng đến 40 m.

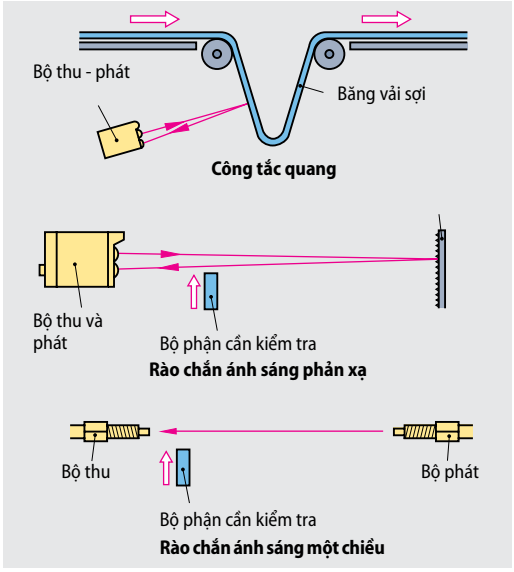
Hình 1: Dạng kết cấu của cảm biến điện dung



Hình 2: Ứng dụng của cảm biến điện dung



Hình 3: Cảm biến từ bên xi lanh khí nén



Hình 4: Cảm biến điện quang

Phạm vi ứng dụng của cảm biến quang khá rộng, chẳng hạn như chức năng đếm trong các thiết bị băng tải, giám sát vật liệu trên các dây chuyền vận chuyển, theo dõi dụng cụ trên các máy công cụ (kiểm tra gãy mũi khoan) hoặc theo dõi an toàn trên các máy công cụ (canh chừng phạm vi nguy hiểm).

Cảm biến quang phát ra xung hồng ngoại. Nếu tia sáng bị nhiễu, cảm biến sẽ tác động.

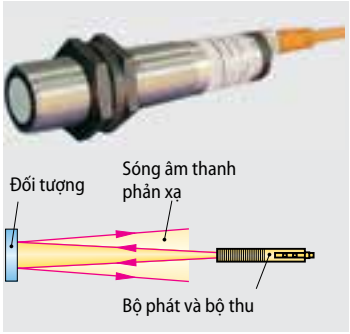
Cảm biến siêu âm phát ra tín hiệu siêu âm (sóng siêu âm) bằng một chấn tử siêu âm, thường là tinh thể thạch anh có tính áp điện (piezoquarz), và đo thời gian phản xạ của xung siêu âm.

Tương tự như cảm biến quang, cảm biến siêu âm cũng có hai loại. Bộ thu và bộ phát trong một hộp chung (kiểu vận hành bằng phương pháp tiếp xúc) sẽ đo thời gian di chuyển của xung siêu âm (**Hình 1**).

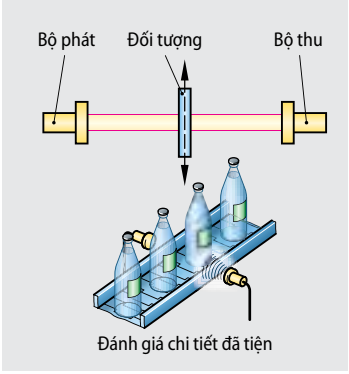
Nếu bộ thu và bộ phát được đặt trong hai hộp riêng biệt (kiểu thanh), sẽ được kiểm tra xem tín hiệu phát ra từ bộ phát có đến được bộ thu hay không (**Hình 2**). Loại cảm biến này có tầm hoạt động đến 6 m. Do vận tốc âm thanh chậm hơn nhiều so với ánh sáng, cảm biến siêu âm cần thời gian đánh giá kết quả dài hơn cảm biến quang.

Lĩnh vực ứng dụng của cảm biến siêu âm rất rộng. Chúng có thể nhận biết các đối tượng rắn, lỏng, dạng bột và trong suốt, thậm chí có thể được sử dụng để nhận biết vật liệu độc lập với đối tượng ngay cả trong hơi nước, bụi và sương mù.

Cảm biến siêu âm phát sóng siêu âm. Nếu sóng âm thanh bị nhiễu, tín hiệu sẽ được phát ra.



Hình 1: Kiểu vận hành bằng phương pháp tiếp xúc (kiểu dò chạm)



Hình 2: Rào chắn ánh sáng một chiều

■ Cảm biến số (digital)

Cảm biến số được dùng để thu thập số liệu về hành trình hoặc góc chuyển động và được phân loại theo chế độ:

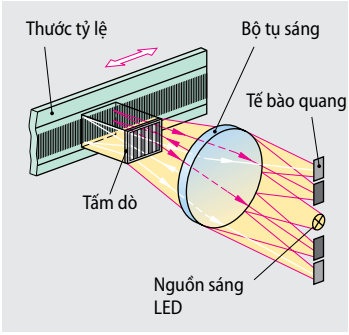
- **Đo hành trình và đo góc tăng dần** (**theo gia số/gia lượng**)
- **Đo hành trình và đo góc tuyệt đối**

Đo hành trình **tăng dần** (Đo hành trình **theo gia số**) sử dụng thước vạch bằng thủy tinh với các vạch cho ánh sáng xuyên qua và các vạch ngăn sáng được di chuyển bởi động cơ chỉnh cùng với vật đo. Qua chuyển động này các đường vạch của thước làm gián đoạn nguồn ánh sáng theo chu kỳ (**Hình 3**). Tín hiệu ánh sáng được diode quang thu nhận và đánh giá (Trang 525).

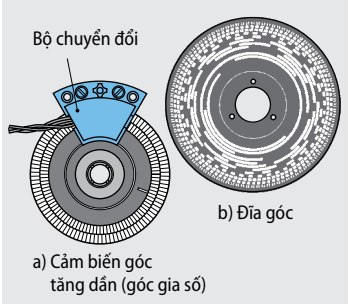
Cảm biến góc quang gia số thường được dùng để đo góc (**Hình 4a**). Nguyên lý đo tương tự như với thước thẳng. Loại cảm biến này cũng phù hợp để đo hành trình khi chuyển động quay được chuyển thành chuyển động thẳng.

Đo hành trình và đo góc **tuyệt đối** hoạt động tương tự như đo gia số. Trên thước nguyên tắc số nhị phân ứng với các ô sáng và tối. Qua đó, mỗi vị trí trên thước tương ứng với một trị số. Để đo góc, có thể sử dụng đĩa chia độ góc (đĩa mã số) (**Hình 4b**).

Với cảm biến số, các đại lượng đo như hành trình trên máy công cụ hoặc quỹ đạo của tay máy rô bốt được thu thập dưới dạng số và được tiếp tục xử lý.



Hình 3: Đo hành trình theo gia số



Hình 4: Cảm biến đo góc

6.2.2.2 Phần tử điều khiển

Các tín hiệu đến từ bộ phát tín hiệu được xử lý bằng các phần tử điều khiển, sau đó kết quả được chuyển đến thiết bị chuyển mạch.

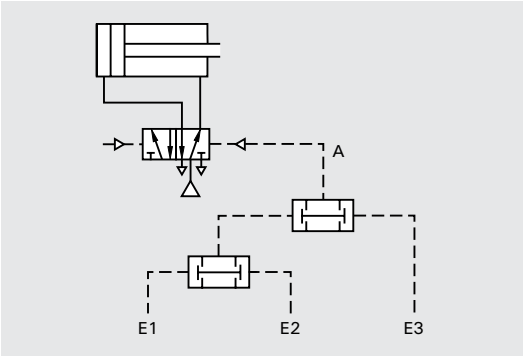
Xử lý tín hiệu gồm các bước:

- **Liên kết** (lôgic) tín hiệu đầu vào
- **Làm trễ** tín hiệu đầu ra
- **Lưu** sự liên kết tín hiệu
- **Nhân** (**sao lại**) tín hiệu

Xử lý tín hiệu được thực hiện bằng thiết bị (phần cứng) hoặc bằng chương trình (phần mềm). Phần cứng có thể là thiết bị cơ khí, khí nén, thủy lực, điện hoặc điện tử. Phần mềm được sử dụng trong bộ PLC (bộ điều khiển lôgic lập trình), điều khiển CNC và điều khiển quy trình.

Thí dụ: Trong hệ điều khiển của bộ phân loại (Hình 1, trang 465), ghi rõ phân loại được xi lanh khí nén đẩy sang trái, khi ở chi tiết dài tồn tại ba tín hiệu đầu vào E1, E2, và E3 cùng một lúc. Các tín hiệu này liên kết với nhau như thế nào?

Giải đáp: Thí dụ như ba tín hiệu có thể liên kết với nhau thông qua hai van áp suất tác động bằng khí nén (**Hình 1**).



Hình 1: Liên kết VÀ bằng khí nén của ba tín hiệu đầu vào

6.2.2.3 Liên kết tín hiệu

Mọi liên kết tín hiệu đều được thực hiện với các hàm lôgic cơ bản: VÀ, HOẶC và PHỦ ĐỊNH. Sự liên kết có thể được biểu diễn bằng hàm toán học (đại số lôgic), bảng số liệu, bảng lôgic, chương trình và sơ đồ mạch (Trang 474 và Bảng 1).

■ Liên kết VÀ (Phép toán AND, Cổng lôgic VÀ)

Trong liên kết VÀ người ta chỉ nhận được tín hiệu đầu ra A khi cả hai tín hiệu đầu vào E1 và E2 đều cùng hiện hữu (**Bảng 1**). Thí dụ như liên kết VÀ có thể được thực hiện thông qua van áp suất kép (van AND) khí nén hoặc hai công tắc mắc nối tiếp cùng đóng.

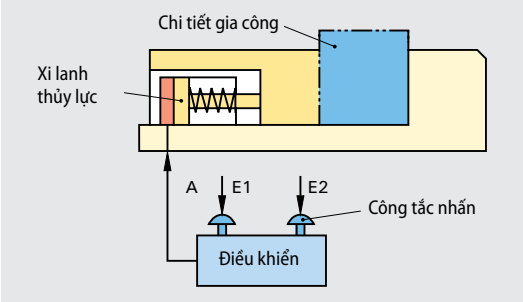
Thí dụ: Bàn kẹp thủy lực (**Hình 2**) chỉ được đóng lại (A = 1) khi cả hai nút cùng được nhấn xuống một lúc (E1 = 1, E2 = 1). Các tín hiệu đầu vào sẽ liên kết với nhau như thế nào?

Giải đáp: E1 và E2 liên kết với nhau theo phép toán VÀ (Bảng 1). Nếu E1 = 1 VÀ E2 = 1 người ta sẽ có tín hiệu đầu ra A. Xi lanh kẹp tiến ra.

Liên kết VÀ cung cấp tín hiệu ra (A = 1) khi tại cả hai đầu vào đều có cùng một tín hiệu (E1 = 1 VÀ E2 = 1).

Bảng 1: Liên kết VÀ (Cổng lôgic AND)

Thuật toán đóng mở (Đại số lôgic)	Bảng giá trị (Bảng chân trị)	Sơ đồ lôgic (Biểu đồ lôgic)
Phương trình chức năng E1 ∧ E2 = A E1 VÀ E2 bằng A ∧ Ký hiệu cho liên kết VÀ	E2 | E1 | A 0 | 0 | 0 0 | 1 | 0 1 | 0 | 0 1 | 1 | 1	Tín hiệu đầu vào E1, E2 → & → A
Sơ đồ mạch bằng khí nén	Mạch rơ le	Sơ đồ chức năng PLC (Sơ đồ chức năng điều khiển lôgic lập trình)
với van dẫn hướng E1, E2, A (A) với van áp suất kép E1, A, E2	S1 (E1) Công tắc tác động đóng (Tiếp điểm thường mở) S2 (E2) Công tắc tác động đóng K1 (A) Công tắc tác động đóng	Tổng quát | PLC E1 | E0.0 E2 | E0.1 A | A0.0 E0.0, E0.1 → & → A0.0



Hình 2: Thao tác hai tay được đơn giản hóa

■ Cách trình bày các liên kết tín hiệu

Đại số lôgic (Thuật toán đóng mở) được dùng để phác thảo hoặc đơn giản hóa các hệ điều khiển, trong đó các liên kết có thể được diễn tả bằng các **phương trình chức năng**.

Bảng giá trị liệt kê các khả năng có thể phối hợp giữa các tín hiệu đầu vào E1, E2... để cho ra trị số đầu ra A. Với 3 trị số đầu vào sẽ có $2^3 = 8$ khả năng phối hợp, tương tự như thế với 4 trị số đầu vào, số khả năng phối hợp tối đa sẽ là $2^4 = 16$.

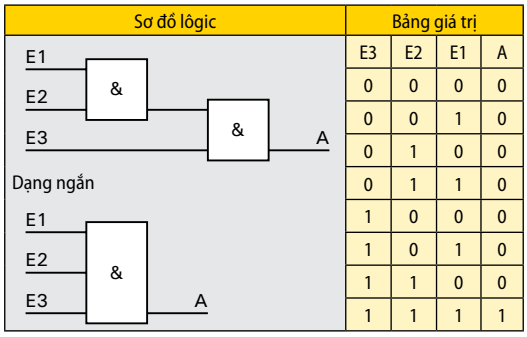
Để đơn giản hóa, thường chỉ thực hiện những phối hợp có kết quả trị số đầu ra A = 1.

Trong **sơ đồ lôgic** các liên kết được trình bày bằng các ký hiệu chuẩn, được thiết kế và đọc từ trái sang phải.

Các liên kết lôgic cũng có thể được diễn tả bằng **chương trình**, thí dụ như tập lệnh (danh sách lệnh). Các chương trình này có thể được viết theo ngôn ngữ lập trình chuyên biệt hoặc thông dụng. Các tín hiệu đầu ra được chuyển tới thiết bị cần điều khiển.

Thí dụ: Điều khiển vị trí trái của ghi rẽ phân loại (Hình 1, trang 465) bằng sơ đồ lôgic và bảng giá trị.

Lời giải: Chi tiết dài che tất cả ba cảm biến cùng lúc trong thời gian ngắn, khi đó E1 = 1 VÀ E2 = 1 VÀ E3 = 1. Với cách phối hợp này sẽ có tín hiệu đầu ra A = 1 (**Hình 1**).



Hình 1: Liên kết VÀ từ 3 tín hiệu đầu vào

■ Liên kết HOẶC

Trong liên kết HOẶC, tín hiệu đầu ra A = 1 khi tín hiệu đầu vào E1 = 1 hoặc tín hiệu đầu vào E2 = 1 hoặc cả hai tín hiệu đầu vào đều bằng 1 (**Bảng 1**). Liên kết HOẶC có thể thực hiện, thí dụ như bằng các van chuyển đổi hoặc công tắc tác động đóng mắc song song.

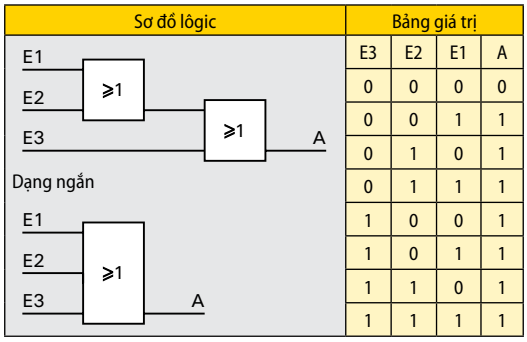
Bảng 1: Liên kết HOẶC

Đại số lôgic (Thuật toán đóng mở)	Bảng giá trị	Sơ đồ lôgic
Phương trình chức năng E1 **v** E2 = A E1 HOẶC E2 bằng A **v** Ký hiệu liên kết HOẶC	E2 E1 A 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1	E1 E2 ≥1 A
Sơ đồ mạch khí nén	Mạch rơ le	Sơ đồ chức năng PLC (Sơ đồ điều khiển lôgic lập trình)
với van dẫn hướng E1 E2 A với van chuyển đổi E1 A E2	Công tắc thường mở S1 (E1) S2 (E2) K1 (A) Rơ le Công tắc thường mở	Tổng quát / PLC E1 E0.0 E2 E0.1 A A0.0 E0.0 E0.1 ≥1 A0.0

Thí dụ: Băng tải có thể ngưng hoạt động khi ngắt một trong hai hoặc cả hai công tắc nút ở hai đầu băng tải hoặc từ tủ điều khiển. Hãy mô tả sự liên kết bằng sơ đồ lôgic và bảng giá trị.

Lời giải: Khi ít nhất một trong ba tín hiệu đầu vào E1 HOẶC E2 HOẶC E3 hiện hữu, tín hiệu đầu ra A = 1 (**Hình 2**).

Liên kết HOẶC cung cấp tín hiệu ra A = 1 khi tại một trong các đầu vào hoặc tất cả các đầu vào đều có tín hiệu (E1 = 1 HOẶC E2 = 1).



Hình 2: Liên kết HOẶC của 3 tín hiệu đầu vào

■ Liên kết KHÔNG

Liên kết KHÔNG đảo ngược tín hiệu đầu vào E1. Tín hiệu đầu ra A là "1" khi tín hiệu đầu vào E1 = 0 và ngược lại (**Bảng 1**). Vì thế liên kết KHÔNG còn được gọi là liên kết PHỦ ĐỊNH (từ chối). Thí dụ, có thể thực hiện liên kết KHÔNG với van dẫn hướng 3/2 có khe thông với vị trí 0 hoặc rơ le với công tắc mở.

Thí dụ: Bóng đèn báo phải mở khi đường dây điện bị đứt. Hãy thực hiện chức năng KHÔNG nhờ một rơ le.

Lời giải: **Sơ đồ mạch**. Khi đường dây trong mạch điện 1 bị đứt, rơ le bị ngắt. Công tắc mở trong mạch điện 2 đóng và mở bóng đèn báo (**Hình 1**).

> **Chức năng KHÔNG** đảo tín hiệu đầu vào, nghĩa là từ một tín hiệu "0" hoặc "1"tại đầu vào thành một tín hiệu "1" hoặc "0" tại đầu ra.

Bảng 1: Liên kết KHÔNG

Đại số lôgic (Thuật toán đóng mở)	Bảng giá trị	Sơ đồ lôgic
Phương trình chức năng $\overline{E1} = A$ E1 không bằng A hoặc $E1 = \overline{A}$ E1 bằng không A	E1 | A 0 | 1 1 | 0	E1 — 1 — A hoặc E1 — 1 — A
Sơ đồ mạch khí nén	**Mạch rơ le**	**Sơ đồ chức năng PLC (Sơ đồ điều khiển lôgic lập trình)**
Van dẫn hướng E1, A	S1 (E1) Công tắc (tác động) đóng Rơ le A Công tắc mở (tiếp điểm thường đóng)	Tổng quát | PLC E1 | E0.0 A | A0.0 E0.0 — 1 — A0.0 hoặc E0.0 — 1 — A0.0

■ Liên kết nhiều hàm lôgic cơ bản

Trong một hệ điều khiển, ta thường gặp những liên kết các hàm lôgic cơ bản với nhau. Có thể biểu thị các liên kết một cách tổng quát bằng sơ đồ lôgic và bảng giá trị. Các sơ đồ lôgic có thể được tạo ra trên máy tính với phần mềm thích hợp và kiểm tra bằng cách mô phỏng đồ họa.

Thí dụ: Trong thiết bị phân loại (Hình 1, Trang 465) hãy mô tả sự liên kết các thao tác dưới đây:

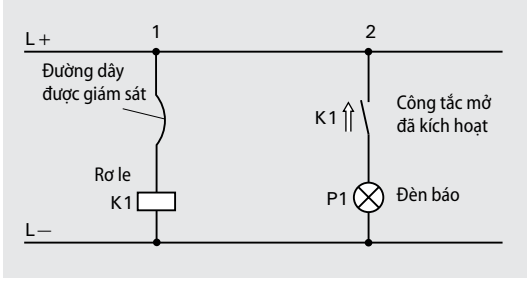
a) Quay sang băng 1 khi một chi tiết dài di chuyển ngang qua cảm biến (A1 = 1).

a) Quay sang băng 2 khi một chi tiết ngắn đi ngang qua (A2 = 1).

Lời giải: Các tín hiệu đầu vào E1, E2 và E3 liên kết với nhau theo cách dưới đây (**Hình 2**):

a) $\overline{E1}$ VÀ E2 VÀ $\overline{E3}$ = A1

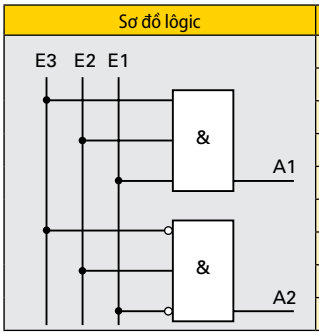
b) E1 VÀ E2 VÀ E3 = A2



Hình 1: Chức năng KHÔNG trong giám sát dây điện

6.2.2.4 Thiết bị chuyển mạch (Thiết bị đóng mở) và phần tử truyền động

Tín hiệu đầu ra của phần tử điều khiển được chuyển đến thiết bị chuyển mạch (thiết bị đóng mở), gồm van điều khiển xi lanh, rơ le, cầu dao bảo vệ để đóng mở động cơ điện... Các phần tử truyền động ("cơ cấu chấp hành") như xi lanh, động cơ, lò sưởi, màn hình hoặc máy in ở cuối chuỗi điều khiển, thực hiện các bước đã được hệ điều khiển ra lệnh.



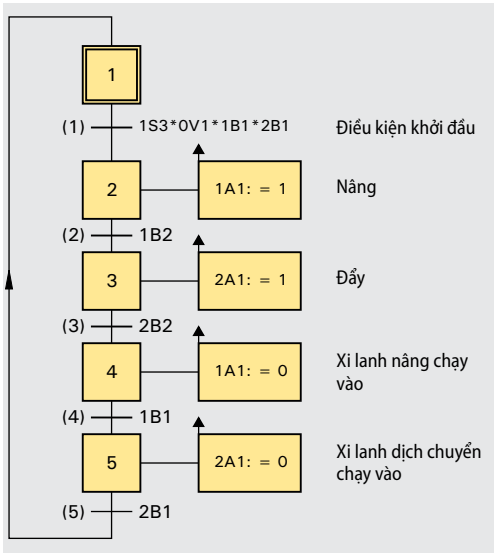
Sơ đồ lôgic	Bảng giá trị				
	E3	E2	E1	A1	A2
	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0
	0	1	0	0	1
	0	1	1	0	0
	1	0	0	0	0
	1	0	1	0	0
	1	1	0	0	0
	1	1	1	1	0

Hình 2: Sơ đồ lôgic và bảng giá trị cho việc điều khiển thiết bị phân loại

6.2.3 GRAFCET

GRAFCET (viết tắt của **GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape **T**ransition) là ngôn ngữ chuyên biệt bằng đồ họa mô tả chức năng điều khiển các trình tự và các điều kiện chuyển mạch tiếp theo trong tự động hóa. GRAFCET chỉ có thể biểu thị hệ điều khiển trình tự được chuyển đổi theo nguyên lý xóa chuỗi nhịp.

GRAFCET tuân theo tiêu chuẩn EN 60848:2002-12 châu Âu và được dùng làm ngôn ngữ đồ họa thay cho sơ đồ chức năng theo tiêu chuẩn DIN 40719-6, đồng thời có thể thay thế biểu đồ chức năng và biểu đồ hành trình-bước. GRAFCET được sử dụng để mô tả tác vụ điều khiển một cách rõ ràng, cùng những tầng thứ bậc trong các trình tự điều khiển. GRAFCET cũng có thể mô tả hệ điều khiển không phụ thuộc vào thiết bị hoặc loại điều khiển nhất định, chẳng hạn như kiểu khí nén hoặc điện khí nén (**Hình 1**).

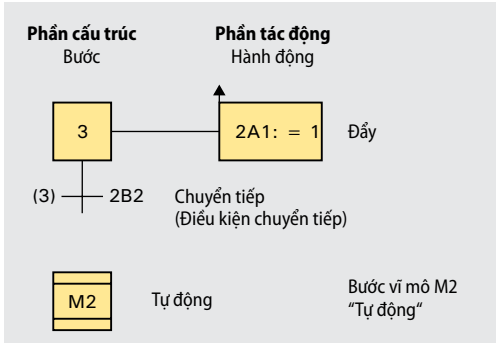


Hình 1: Thí dụ của một biểu đồ GRAFCET

■ Cấu tạo và các nguyên tắc cơ bản của GRAFCET

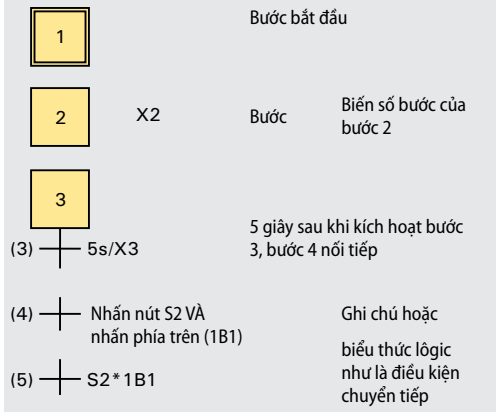
GRAFCET bao gồm **phần cấu trúc** chứa các yếu tố bước và chuyển tiếp và **phần tác động** nêu các hoạt động (**Hình 2**). Các bước và chuyển tiếp của một GRAFCET luôn thay phiên nhau. Tại một thời điểm, luôn luôn chỉ có một bước được hoạt động, nó có thể kích hoạt nhiều hành động bất kỳ nào. Tại bất kỳ vị trí nào trong GRAFCET cũng có thể đưa vào các ghi chú để trong ngoặc kép.

Bên cạnh các trình tự vận hành tịnh tiến, GRAFCET còn có thể điều khiển phân nhánh thay thế hoặc song song. Hơn nữa, ta cũng có thể cấu trúc GRAFCET theo cấp bậc, thí dụ có thể chia các phần GRAFCET theo nút dừng khẩn cấp, lựa chọn kiểu vận hành, dạng chuyển đổi năng lượng *(Dạng chuyển đổi năng lượng giữa 2 lưới điện không đồng bộ mà không sử dụng truyền tải điện cao thế một chiều hay các thiết bị đặc biệt khác)* hoặc cho các bước vĩ mô, thí dụ như M2 "Chế độ tự động".



Hình 2: Các phần tử của GRAFCET

■ Phần cấu trúc



Hình 3: Thí dụ về phần cấu trúc

- **Khởi đầu**. Bước bắt đầu hay bước khởi tạo cho biết vị trí hoặc trạng thái ban đầu của hệ điều khiển ghi số 1 trong khung kép. Từ đó quy trình được đưa vào hoạt động.
- **Bước**. Mỗi bước kế tiếp hầu như đều được ghi số trong khung đơn. Trạng thái của mỗi bước được biểu thị theo biến số bước (Giá trị 1 hoặc 0).
- **Sự chuyển tiếp**. Sự chuyển tiếp giữa hai bước là điều kiện để bắt đầu bước kế tiếp, được chỉ dẫn ở cạnh bên một đường nằm ngang (xem biểu tượng hình 2, bên phải). Phía bên trái (trong dấu ngoặc) là tên của chuyển tiếp, phía bên phải điều kiện chuyển tiếp là chú thích hoặc biểu thức đại số lôgic (đại số Boole).

■ Phần tác động

Mỗi bước của quá trình có một hoặc nhiều hành động. Nếu bước được kích hoạt, những hành động này sẽ được thực hiện. Một hành động được ghi trong ô chữ nhật. Các ô ký hiệu bước và hành động có cùng chiều cao. Có các cách mô tả khác nhau khi có nhiều hành động (**Hình 1**). Thứ tự của các hành động không mô tả trình tự theo thời gian.

Hành động, tùy theo phương thức hoạt động, được chia thành hành động tác dụng **liên tục** và hành động tác dụng **lưu trữ**.

■ Hành động tác dụng liên tục

Hành động tác dụng liên tục được thực hiện trong một khoảng thời gian xác định. Sau đó hành động sẽ tự động hủy.

> Cho đến chừng nào một bước điều khiển còn hoạt động, biến số sẽ có giá trị 1, nếu không, nó sẽ có giá trị 0.

Trong ô hành động (chữ nhật), một đoạn văn bản có thể xuất hiện dưới dạng một mệnh lệnh, chỉ dẫn, hoặc tên của biến số (**Hình 2**). Trong chương trình (sơ đồ) lập kế hoạch điều khiển độc lập với công nghệ, ký hiệu mô tả truyền động là 2A1, đấu nối van là 2V1-14 trong điều khiển bằng khí nén và lõi nam châm là 2M1 trong điều khiển bằng điện-khí nén. Các hành động được nêu trong bước 4 mô tả cùng đặc điểm: sự truyền động chỉ được thực thi khi bước 4 được duy trì trạng thái kích hoạt.

Bên cạnh việc khởi động bước điều khiển có thể cần thêm các **điều kiện chỉ định** (B8, 3s/B9 vv..) trước khi cho phép thực hiện một hành động.

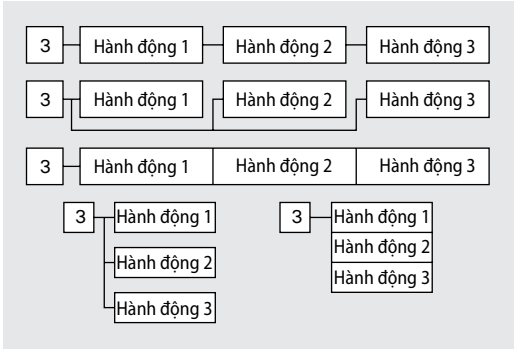
■ Hành động tác dụng lưu trữ

Các hành động tác dụng lưu trữ được gán cho giá trị lôgic "1" trong một bước trình tự cụ thể và vào một thời điểm sau đó trong bước kế tiếp sẽ chuyển về giá trị lôgic "0".

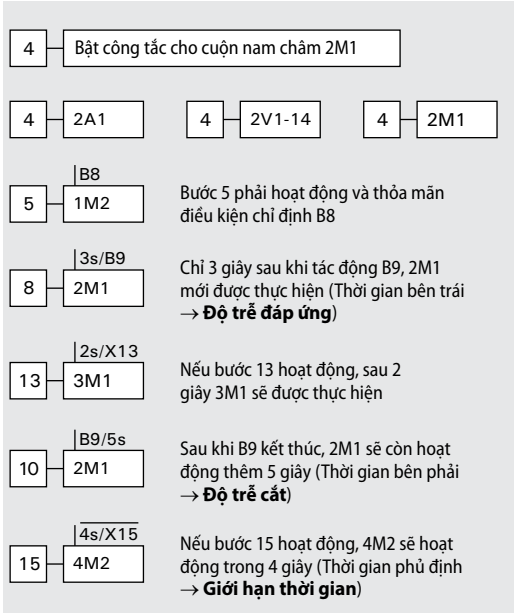
> Giá trị của một biến số được lưu lại (3M1:= 1) cho đến khi bị thay đổi do một hành động khác (3M1:= 0).

Giá trị của một biến số có thể thay đổi khi một bước được tác động (↑) hoặc hủy tác động (↓ - chỉ có thể thực hiện với PLC) (**Hình 3**).

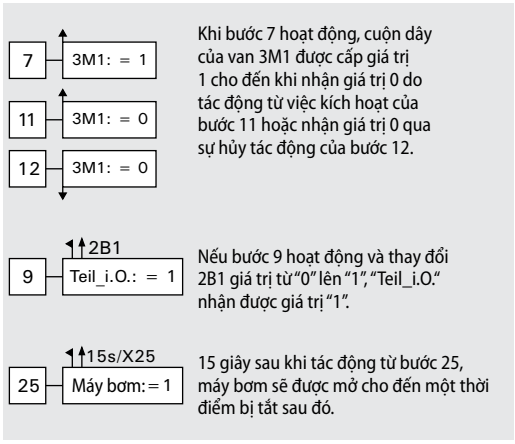
Mũi tên hướng sang phía ngang ("cờ") cho biết hành động sẽ được thực hiện chỉ sau khi một **sự kiện** xảy ra theo chế độ lưu trữ. Trong bước số 9 trước biến số 2B1 có một mũi tên, nghĩa là sẽ có sự chuyển đổi tín hiệu "0" sang "1" được hiểu như một sự kiện, người ta gọi đây là một cạnh dương.



Hình 1: Biểu đồ hành động



Hình 2: Thí dụ về hành động liên tục tác động



Hình 3: Thí dụ về hành động lưu trữ tác động

Thí dụ: Thiết bị nâng

Sơ đồ công nghệ (sơ đồ vị trí) là sơ đồ tổng quát sắp xếp các bộ phận được sử dụng và quy trình thực hiện: Chi tiết được nâng bằng xi lanh đẩy lên 1A1 và được xi lanh 2A1 đẩy sang băng tải ở tầng trên. Sau đó cả hai xi lanh rút về vị trí ban đầu (**Hình 1**).

Có thể mô tả tóm tắt quá trình chuyển động này như sau (+ = rút lại, – = đẩy ra):

1A1+ 2A1+ 1A1– 2A1–

GRAFCET cho phép mô tả bằng nhiều cách khác nhau. Trong khi sơ đồ GRAFCET ở Hình 1, trang 476, mô tả trình tự của thiết bị nâng dựa trên cơ cấu chấp hành, GRAFCET trong **Hình 2** mô tả sự điều khiển bằng khí nén với cơ phận điều khiển có hai trạng thái ổn định (lưỡng ổn) tạo ra bằng cách sử dụng các hành động tác dụng liên tục.

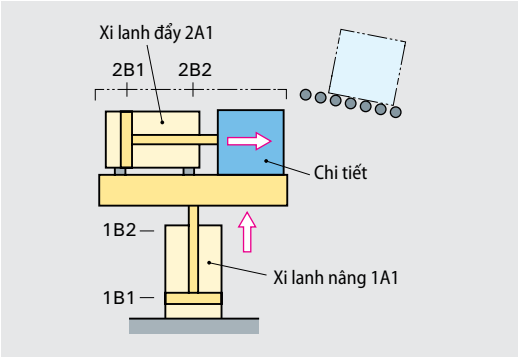
Quá trình điều khiển được chia thành 5 bước nối tiếp nhau. Bước khởi động 1 mô tả vị trí ban đầu của hệ điều khiển ngay sau khi đóng mạch. Chuyển tiếp giữa các bước là các điều kiện cần thiết để hệ điều khiển tiếp tục hoạt động, khi

- Công tắc khởi động 1S3 được ấn xuống
- Van chính 0V1 ở vào vị trí đóng mở "a"
- Công tắc tiệm tiến khí nén 1B1 được tác động từ xi lanh 1A1
- và công tắc tiệm tiến khí nén 2B1 tác động từ xi lanh 2A1

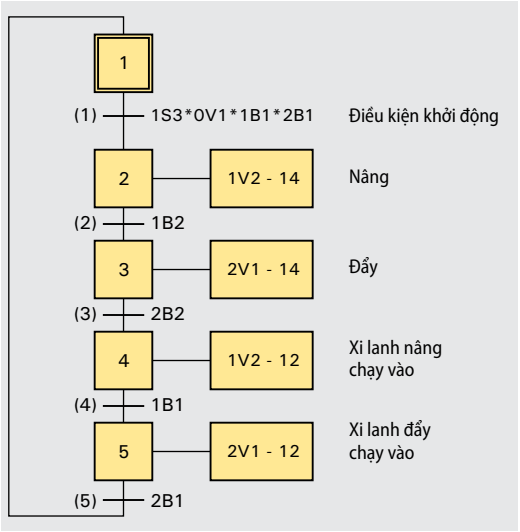
Sơ đồ mạch minh họa chức năng của hệ điều khiển theo kỹ thuật đã chọn, chẳng hạn khí nén, và sự liên hệ giữa các phần tử riêng rẽ của hệ điều khiển với nhau (**Hình 3**). Các cấu kiện của sơ đồ mạch được bố trí một cách tổng quan không theo vị trí mà là tương ứng với chức năng của các tầng, chẳng hạn phần nguồn, tín hiệu, liên kết, tác chỉnh, và truyền động (từ dưới lên trên).

Ôn tập và đào sâu

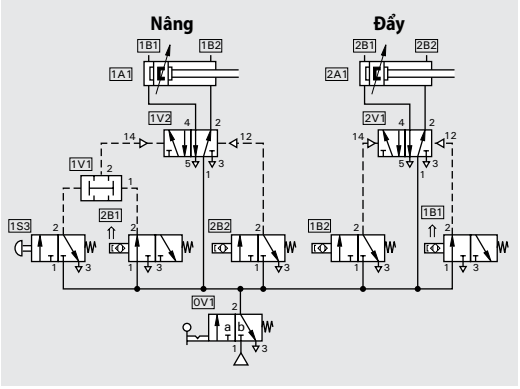
1. Sự khác biệt giữa các loại tín hiệu analog, nhị phân và số.
2. Công tắc tiệm cận được phân chia theo nguyên lý tác động như thế nào?
3. Hãy thiết lập bảng giá trị đầy đủ cho biểu đồ lôgic trong **Hình 4**.
4. Hãy thiết lập biểu đồ GRAFCET với hành động lưu trữ tác động cho thiết bị nâng trong **Hình 3**.



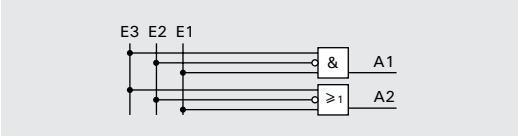
Hình 1: Sơ đồ công nghệ của thiết bị nâng



Hình 2: Biểu đồ GRAFCET của thiết bị nâng



Hình 3: Sơ đồ mạch khí nén của thiết bị nâng



Hình 4: Sơ đồ lôgic

6.3 Điều khiển bằng khí nén

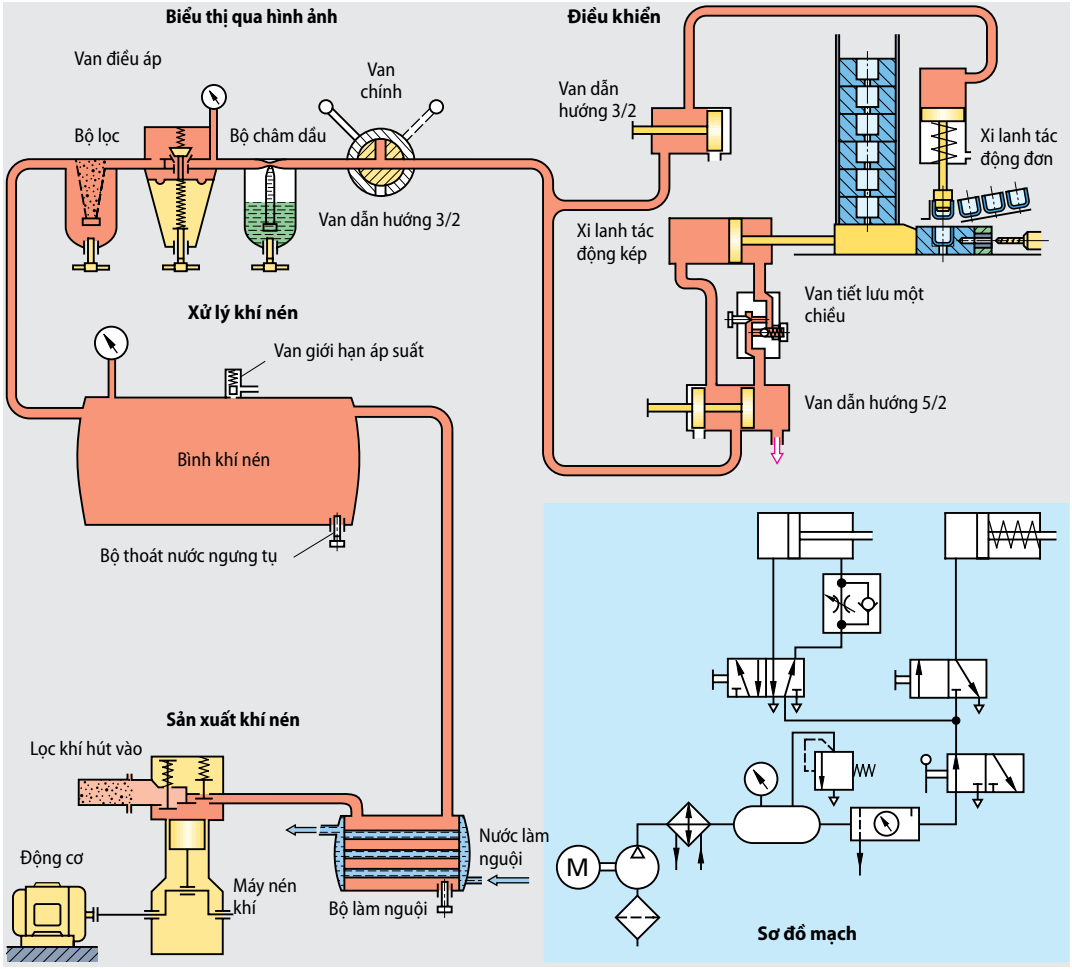
Khí lực học là môn học về tính chất của các chất khí, đặc biệt là không khí với áp suất cao. Khí lực học trước hết bao gồm sự sản xuất khí nén và các ứng dụng trong điều khiển và truyền động máy móc. Hệ điều khiển bằng khí nén thường được sử dụng chẳng hạn như để đóng cửa xe lửa và xe buýt, máy đóng bao bì, trong các hệ thống xử lý thao tác và dụng cụ lắp ráp.

6.3.1 Cấu kiện của hệ thống thiết bị khí nén

Hệ thống thiết bị khí nén thường gồm ba cụm (**Hình 1**):.

- **Sản xuất khí nén** với máy nén khí, thiết bị làm nguội, thiết bị sấy, và bình chứa khí nén.
- **Xử lý khí nén** bao gồm bộ lọc, van điều chỉnh áp suất, bộ châm dầu và van chính.
- **Điều khiển khí nén** với các loại van dẫn hướng, van khóa, van điều chỉnh dung lượng cũng như xi lanh khí nén và động cơ khí nén.

Các hệ thống khí nén và các phần tử (linh kiện) của chúng được mô tả bằng hình hoặc sơ đồ mạch. Trong sơ đồ mạch, các ký hiệu theo tiêu chuẩn quốc tế được sử dụng, cho phép đơn giản hóa phác thảo, hiểu dễ dàng các chức năng, lắp ráp và tìm lỗi đối với các hệ điều khiển bằng khí nén một cách cơ bản và được hiểu trên khắp thế giới.



Hình 1: Biểu thị qua hình ảnh và sơ đồ mạch của hệ thống thiết bị khí nén

6.3.2 Các phần tử khí nén

6.3.2.1 Hệ thống máy nén khí

■ Đơn vị áp suất và các loại áp suất

Khi pittông với tiết diện A tác dụng lực F vào một lượng không khí đóng kín trong xi lanh, nó sẽ tạo ra áp suất trên (áp suất dương hay quá áp) p_e (**Hình 1**).

Áp suất $$p_e = \frac{F}{A}$$

Đơn vị áp suất là Pascal (Pa) và Bar (bar):

$$1\ \text{Pa} = 1\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0.00001\ \text{bar};\ 1\ \text{bar} = 10\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Thí dụ: Xi lanh (hình 1) với $F = 4$ kN, $A = 78.5$ cm^2
Áp suất trên p_e là bao nhiêu?

Lời giải: $$p_e = \frac{F}{A} = \frac{4000\text{N}}{78.5\ \text{cm}^2} = 51\frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = \mathbf{5.1\ bar}$$

Áp suất trên p_e là hiệu giữa áp suất tuyệt đối p_{abs} và áp suất khí quyển p_{amb}. Nó có thể dương hoặc âm (**Hình 2**). Áp suất âm, nhỏ hơn áp suất khí quyển còn được gọi là áp suất âm hoặc chân không.

Áp suất dương $$p_e = p_{abs} - p_{amb}$$

Thí dụ: Máy ép bằng khí nén vận hành với áp suất tuyệt đối $p_{abs} = 7$ bar (**Hình 3**). Nếu áp suất khí quyển $p_{amb} = 1$ bar, lực ép sẽ là $p_e = p_{abs} - p_{amb} = 7\ \text{bar} - 1\ \text{bar} = 6\ \text{bar}$. Số đo trên các áp suất kế thông dụng thường là áp suất dương.

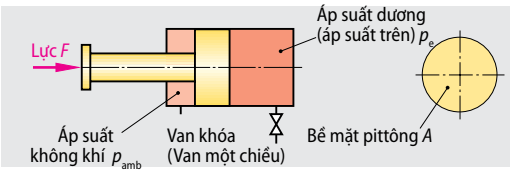
■ Sản xuất khí nén

Khí nén được sản xuất từ máy nén khí kiểu pittông, màng cách ly hoặc trục vít (**Hình 4**). Không khí được hút vào qua bộ lọc, nén đến áp suất theo yêu cầu, và đi qua bộ làm nguội bên trong bình chứa khí nén (Hình 1, Trang 481). Khí nén bị nóng trong giai đoạn nén khí, được làm nguội trong bộ làm nguội. Nước ngưng tụ được thải ra ngoài. Có thể tạo ra khí nén với độ ẩm còn đọng lại rất thấp bằng cách làm nguội khí nén đến 4°C (Sấy lạnh).

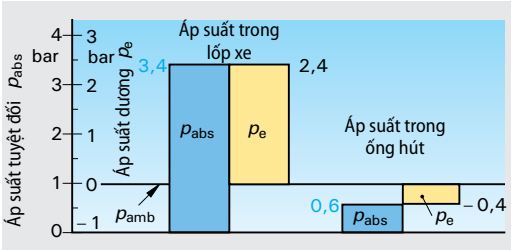
Khi áp suất trong bình chứa khí đạt đến tối đa, sẽ dừng hút khí nén vào, tắt động cơ truyền động máy nén (điều chỉnh tắt) hoặc mở van hút khí nếu động cơ truyền động tiếp tục chạy (điều chỉnh giảm tải).

Chức năng của bình chứa khí nén

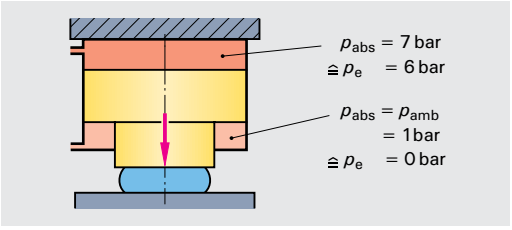
- Chứa và làm nguội không khí
- Xả độ ẩm không khí còn sót lại
- Cân bằng giao động áp suất



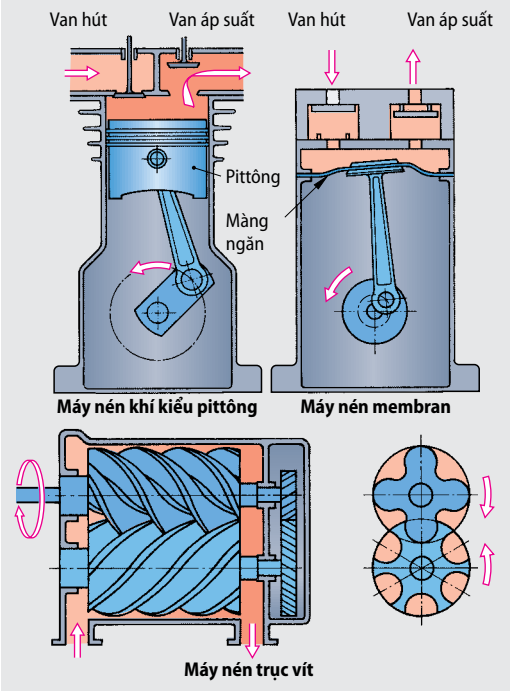
Hình 1: Hình thành áp suất



Hình 2: Áp suất tuyệt đối và áp suất dương



Hình 3: Áp suất trong máy ép bằng khí nén



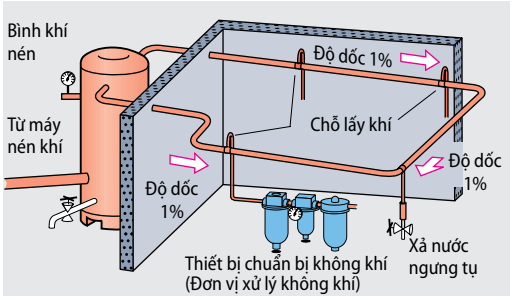
Hình 4: Các kiểu máy nén khí

■ Phân phối và chuẩn bị khí nén

Khí nén được dẫn từ bình áp suất qua đường ống đến nơi sử dụng (**Hình 1**).

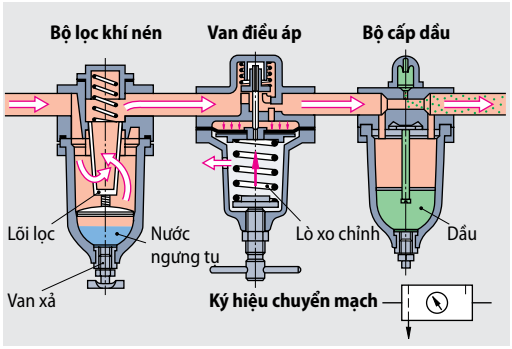
Những yêu cầu đối với mạng lưới khí nén

- Mạng lưới khí nén được tạo thành đường vòng khép kín để bảo đảm cho việc cung ứng ngay cả trong khi sửa chữa.
- Tiết diện ống cần phải đủ lớn để bảo đảm tổn thất áp suất không quá 0,2 bar.
- Đường ống dẫn khí phải được đặt với độ dốc để thoát nước ngưng tụ.



Hình 1: Phân phối khí nén

Một đơn vị chuẩn bị (đơn vị bảo dưỡng) được đặt trước xi lanh và van trong hệ thống điều khiển khí nén (**Hình 2**), gồm bộ lọc khí nén, van điều áp và bộ cấp dầu. Bộ lọc khí nén loại bỏ các tạp chất. Van điều áp, duy trì áp suất không đổi trong hệ điều khiển. Bộ cấp dầu trộn khí nén với các hạt sương dầu rất mịn để bôi trơn các bộ phận chuyển động và chống gỉ sét.



Hình 2: Thiết bị chuẩn bị khí nén

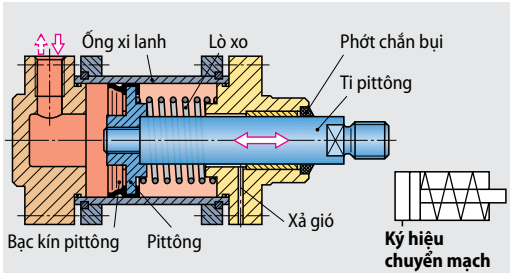
Nhiều hệ điều khiển bằng khí nén, thí dụ trong công nghiệp máy tính và thực phẩm, đòi hỏi khí nén với độ tinh khiết cao và không có dầu. Các hệ điều khiển khí nén trong những ngành công nghiệp này không sử dụng bộ cấp dầu. Trong nhiều lĩnh vực ứng dụng khác, khí nén không dầu được sử dụng ngày càng nhiều, nhằm tăng chất lượng khí nén, để bảo vệ nhân viên và môi trường trước khí thải chứa dầu.

6.3.2.2 Các phần tử vận hành khí nén

■ Xi lanh khí nén

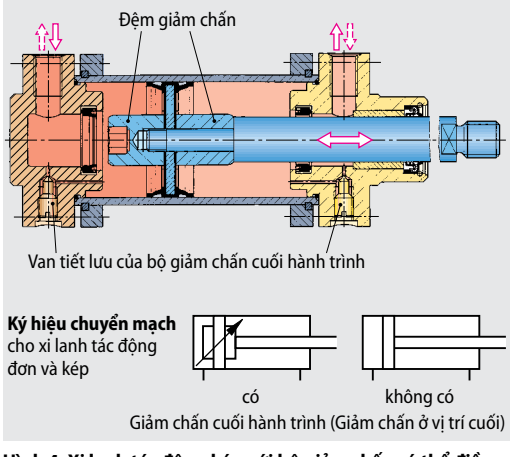
Pittông trong xi lanh khí nén thực hiện chuyển động tới và lui. Người ta phân biệt xi lanh tác động đơn (một chiều) và xi lanh tác động kép (hai chiều).

Trong **xi lanh tác động đơn** (**một chiều**) khí nén chỉ đẩy cần pittông về một hướng (**Hình 3**), lò xo kéo xi lanh trở về vị trí ban đầu.



Hình 3: Xi lanh tác động đơn

Trong **xi lanh tác động kép** (**hai chiều**), khí nén tác động làm cho pittông có thể chuyển động về cả hai hướng (**Hình 4**). Xi lanh được gắn với bộ giảm chấn, hãm ti pittông tại vị trí cuối hành trình. Khí nén bị pittông nén lại không thể thoát qua lỗ lớn ở giữa do lỗ này được đệm giảm chấn đóng lại. Khí nén phải đi qua khe điều tiết hẹp và qua đó tạo thành áp suất ngược. Pittông được hãm lại và di chuyển với vận tốc chậm dần đến vị trí cuối. Có thể thay đổi vận tốc bằng cách chỉnh kích thước khe hở.



Hình 4: Xi lanh tác động kép với bộ giảm chấn có thể điều chỉnh được ở những vị trí cuối

Xi lanh khí nén cũng giống như mọi cấu kiện khác trong hệ thống khí nén, được mô tả bằng ký hiệu trong các sơ đồ mạch (Hình 3 và 4, Trang 481).

Có thể xác định vị trí cuối của pittông (quả nén) với cảm ứng không tiếp xúc, chẳng hạn như với vòng nam châm vĩnh cửu lắp trên pittông và công tắc hoạt động không tiếp xúc gắn trên ống xi lanh (ống ben) (Hình 3, Trang 471). Khi pittông đi dưới công tắc này, mạch tiếp xúc sẽ khép kín, do đó sẽ phát ra tín hiệu điện tương ứng. Trạng thái chuyển mạch của công tắc được hiển thị bằng diode.

Xi lanh không có ti pittông

Xi lanh khí nén được sản xuất với loại xi lanh có ti và xi lanh không ti pittông.

Xi lanh không ti chiếm ít không gian hơn xi lanh có ti (**Hình 1**). Ở xi lanh không ti với truyền động trực tiếp, pittông được nối với cầu truyền lực đi qua khe trong thân xi lanh (**Hình 2**). Rãnh trong ống xi lanh được bít kín bởi một băng kim loại và băng thứ hai bảo vệ chống lại ô nhiễm từ bên ngoài. Đối với các loại kết cấu khác, một sợi dây hoặc một băng lắp chặt với pittông được dẫn qua nắp xi lanh và đảo hướng (Hình 2). Trong tất cả các loại kết cấu, bộ phận kéo được sử dụng làm con trượt chạy trên ống xi lanh và có thể chịu tải được qua các lực.

■ Các lực của pittông trong xi lanh

Lực có tác dụng của pittông F là hiệu số giữa lực pittông lý thuyết $F_{th} = p_e \cdot A$ và lực ma sát F_R tác động tại pittông và ống dẫn ti pittông (**Hình 3**).

Lực ma sát ảnh hưởng đến hiệu suất η của xi lanh.

Lực tác động	$F = F_{th} - F_R$
(lực có tác dụng) của cần	$F = F_{th} \cdot \eta$
	$F = p_e \cdot A \cdot \eta$

Lực tác động trong xi lanh có cần một phía khi đi vào sẽ nhỏ hơn lúc đi ra do diện tích tác động của pittông trừ đi tiết diện của cần.

Thí dụ: Xi lanh khí nén (**Hình 4**)
Lực tác động của cần khi đi ra:

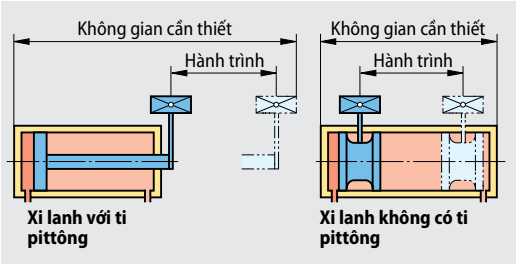
$$F = p_e \cdot A \cdot \eta$$

$$= 60 \frac{N}{cm^2} \cdot p \frac{\pi \cdot (10\ cm)^2}{4} \cdot 0.9 = \mathbf{4241\ N}$$

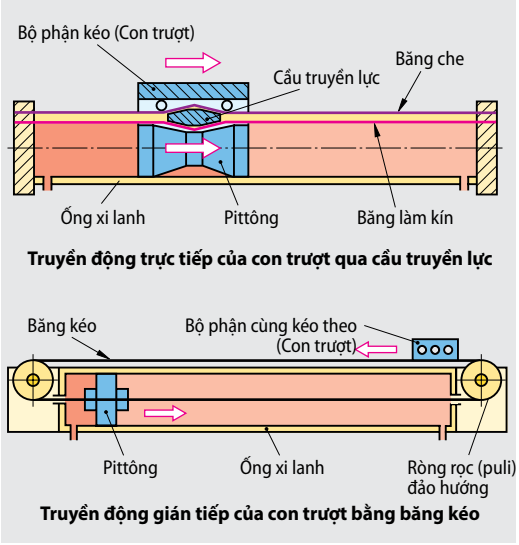
Lực tác động của cần khi trở về:

$$F = p_e \cdot A \cdot \eta$$

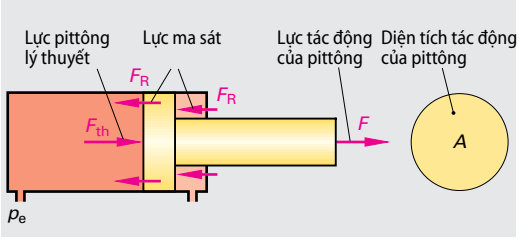
$$= 60 \frac{N}{cm^2} \cdot p \frac{\pi \cdot (10^2 - 2.5^2) cm^2}{4} \cdot 0.85 = \mathbf{3755\ N}$$



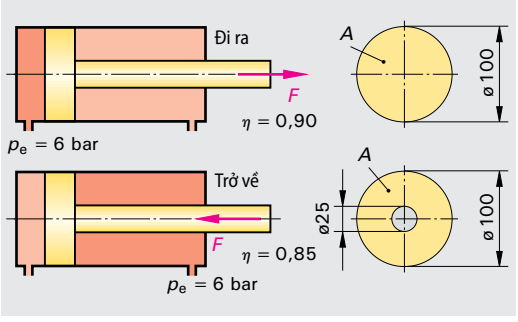
Hình 1: Không gian cần thiết cho xi lanh



Hình 2: Các loại xi lanh không có ti



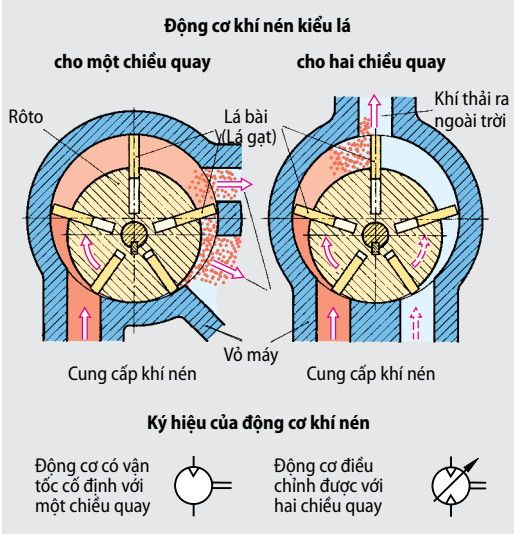
Hình 3: Lực pittông trong xi lanh



Hình 4: Lực pittông lúc đi ra và trở về

■ Động cơ khí nén

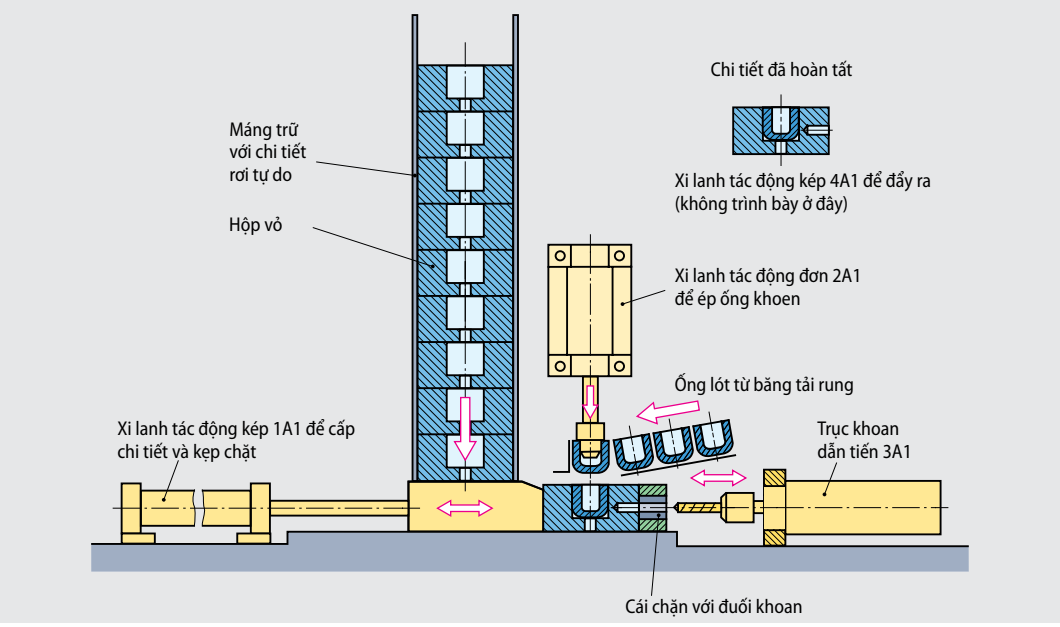
Động cơ khí nén truyền động các thiết bị như máy vặn vít, máy mài cầm tay, thiết bị nâng và các máy móc khác hoạt động bằng chuyển động quay. Chúng được sản xuất theo **động cơ dạng lá, động cơ pittông và động cơ bánh răng. Động cơ khí nén dạng lá** có cấu tạo gồm vỏ ngoài với lỗ khoan hình trụ và rôto cùng với các lá chia buồng làm việc hình lưỡi liềm thành nhiều khoang áp suất (**Hình 1**). Khí nén được dẫn qua bộ phận nạp khí làm quay rôto nằm lệch tâm qua các tấm lá trượt trong các khe xuyên tâm. Do các khoang áp suất lớn dần lên khi quay, khí nén dãn ra và thoát qua lỗ ra ngoài. Mômen quay do động cơ cung cấp phụ thuộc vào áp suất không khí và bề mặt chịu tác động va chạm của các tấm lá. Động cơ khí nén hai chiều quay có 2 đầu đấu nối với khí nén, mỗi đầu dùng cho một chiều quay của động cơ và có thể đổi chiều quay thông qua van dẫn hướng 4/2 hoạt động tùy theo đầu nối nào được tiếp khí.



Hình 1: Động cơ khí nén kiểu lá

■ Thí dụ về ứng dụng các phần tử hoạt động bằng khí nén

Trong máy gia công và lắp ráp tự động (**Hình 2**), **xi lanh tác động kép** (**hai chiều**) **1A1** được sử dụng để đẩy và giữ hộp vỏ rơi từ máng trữ. Tiếp theo là các ống lót được chuyển đến bằng băng tải rung và được **xi lanh tác động đơn 2A1** ép vào hộp vỏ. Sau đó lỗ còn thiếu bên thành vỏ được khoan bằng một trục khoan (với chuyển động) dẫn tiến. Chuyển động dẫn tiến của mũi khoan do **xi lanh khí nén tác động kép 3A1** thực hiện, truyền động quay do động cơ khí nén kiểu lá. **Xi lanh nằm ngang 4A1** phía sau vị trí kẹp đẩy chi tiết đã hoàn tất ra khỏi máy. Có thể sử dụng biểu đồ GRAFCET (Trang 476) để biểu thị các bước điều khiển này.



Hình 2: Máy lắp ráp và gia công tự động

6.3.2.3 Van

Có thể phân loại van theo chức năng của chúng, chẳng hạn như van dẫn, van chặn, van lưu lượng, van áp suất.

■ Van dẫn

Van dẫn *(còn gọi là van dẫn hướng, đảo chiều, hành trình, phân phối, phân bổ, chia dòng, nhiều lối, nhiều cổng)* xác định các bước khởi động, dừng, và chiều dòng chảy của khí nén. Chúng điều khiển sự chuyển động của xi lanh, động cơ khí nén, các vị trí đóng mở của các van dẫn khác.

Chức năng (**Hình 1**). Có thể tạo ra các nối kết, đường đi khác nhau giữa các đầu nối của van dẫn thông qua dịch chuyển của pittông điều khiển bên trong van. Tại vị trí chuyển mạch (vị trí đóng – mở) (a) khí nén được dẫn từ đầu nối 1 đến đường làm việc bên trái 4. Pittông của xi lanh chạy ra, không khí bị pittông ép lại trong buồng xi lanh bên phải thoát qua đường làm việc 2 của van dẫn đến vị trí xả 3.

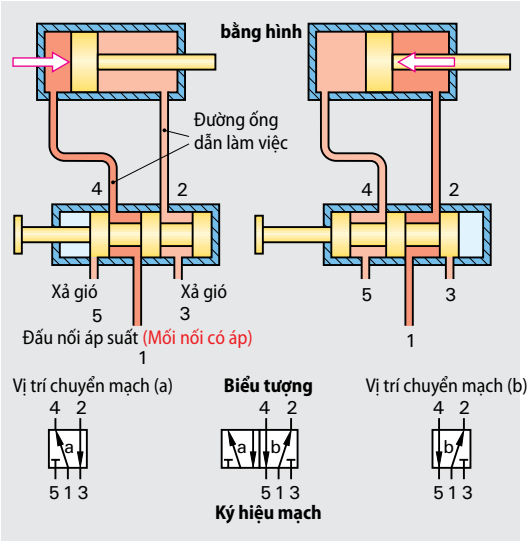
Trong vị trí chuyển mạch (b) của van dẫn, khí nén lưu thông từ 1 đến 2 và từ đó vào buồng xi lanh bên phải. Không khí bị đẩy ra từ buồng xi lanh bên trái thoát ra từ 4 đến 5. Pittông chạy vào.

Cách gọi. Van dẫn được gọi theo số lượng đấu nối và số lượng vị trí đóng mở của chúng. Van dẫn trong Hình 1 có 5 đấu nối (1, 2, 3, 4, 5) và 2 vị trí đóng mở (a và b). Vì thế chúng được gọi là van dẫn 5/2.

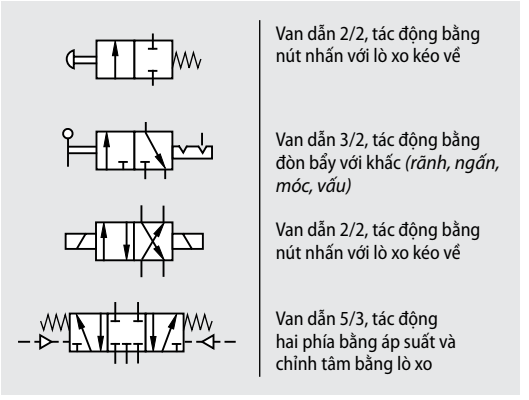
Ký hiệu. Van dẫn được mô tả bằng ký hiệu chuẩn (**Hình 2**), là các ô chữ nhật đặt cạnh nhau, các đấu nối và các thao tác. Mỗi hình chữ nhật diễn tả một vị trí tác động (đóng mở). Các đường đấu nối được dẫn ra từ hình chữ nhật biểu thị trạng thái nghỉ.

Các loại thao tác. Van dẫn có thể đóng mở bằng tay, chân, cơ, điện từ, áp suất, hoặc kết hợp từ hai kiểu thao tác (**Hình 3**). Ký hiệu của thao tác được vẽ ở bên trái hoặc bên phải hình chữ nhật của ký hiệu đóng mở. Thao tác bên trái tác động vị trí đóng mở bên trái, thao tác bên phải tác động vị trí đóng mở bên phải của van dẫn (Hình 2).

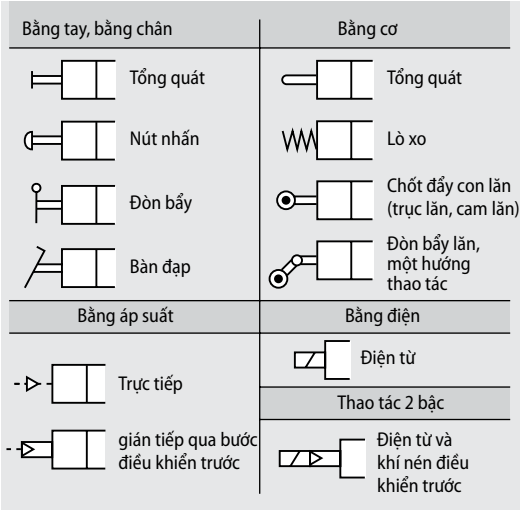
Tên gọi (**ký hiệu**) **các đấu nối**. Các đấu nối áp suất, không khí thoát và các đường làm việc trong van dẫn khí nén được diễn tả bằng số (Hình 1), ngược lại trong van dẫn thủy lực được diễn tả bằng ký tự (Trang 500, Hình 2 và 3).



Hình 1: Mô tả van dẫn hướng

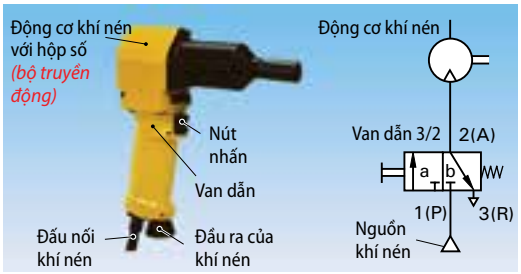


Hình 2: Ký hiệu chuyển mạch của van dẫn



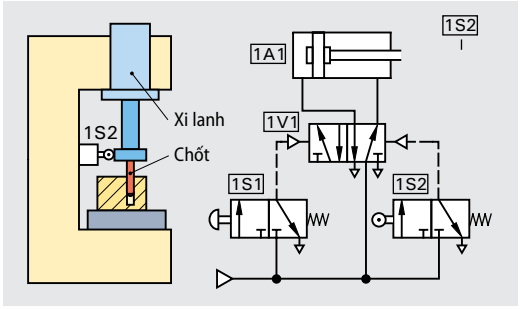
Hình 3: Các loại thao tác van

Điều khiển trực tiếp với van dẫn. Trong các máy không tự động, xi lanh khí nén và động cơ được khởi động "trực tiếp" bằng tay hoặc bằng bàn đạp. Thí dụ, trong máy vặn vít bằng khí nén, van dẫn 3/2 gắn trong máy, chuyển mạch bằng nút nhấn (**Hình 1**). Tại vị trí chuyển mạch "a", động cơ khí nén được cấp khí. Trục chính quay. Khi tác động lên đòn bẩy của van được nhả ra, lò xo đẩy van đến vị trí "b", dòng khí nén cung cấp cho động cơ bị ngắt.



Hình 1: Điều khiển trực tiếp của một động cơ khí nén

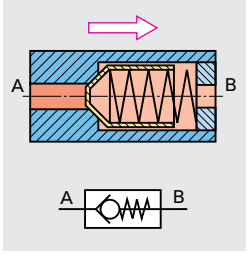
Điều khiển gián tiếp với van dẫn. Khi yêu cầu xi lanh chuyển động tự động, van dẫn dùng để điều khiển xi lanh sẽ không còn được thực hiện bằng tay. Sự điều khiển đảo chiều được thực hiện bằng tín hiệu từ van dẫn khác hoặc bằng cảm biến. Thí dụ, xi lanh dùng để ép chốt tự chạy trở về lại tại vị trí cuối khi tác động vào van dẫn 3/2 1S2 (**Hình 2**).



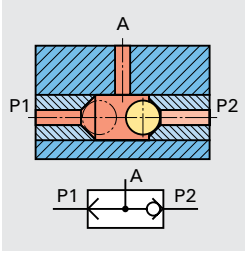
Hình 2: Điều khiển gián tiếp một xi lanh khí nén

■ **Van chặn** (**van khóa**). Van chặn ngăn dòng khí nén ở một hướng. Bộ phận dùng để chặn trong van bị khí nén đẩy thế nào để một đường thoát khí luôn luôn bị khóa lại.

Van một chiều. Cho khí nén lưu thông từ A đến B nhưng đóng dòng từ B đến A (**Hình 3**).



Hình 3: Van một chiều

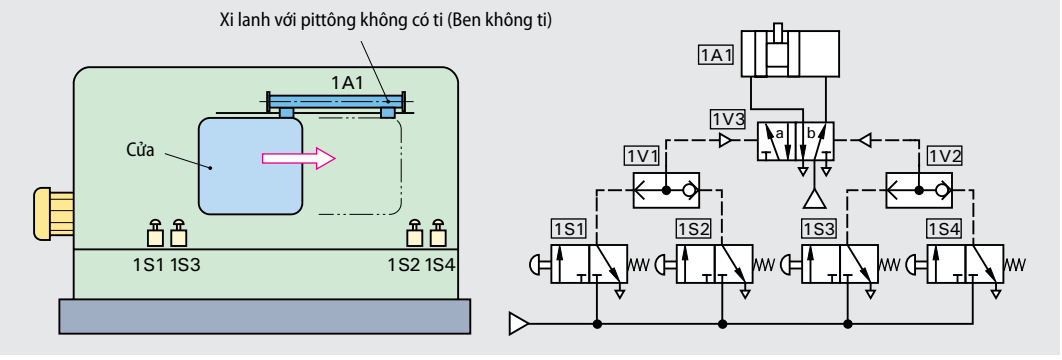


Hình 4: Van chuyển đổi (đảo chiều)

Van chuyển đổi. Có hai đầu nối có thể luân phiên đóng mở P1 và P2, và một cổng ra A (**Hình 4**). Khi cổng vào P1 **hoặc** cổng vào P2 được cấp khí nén, bộ phận đóng trong van đóng kín cổng vào không bị tác động và khí nén lưu thông đến đầu nối A. Van chuyển đổi tác động như **cổng lôgic HOẶC** (**liên kết HOẶC**).

Thí dụ như van chuyển đổi điều khiển một xi lanh tác động hai chiều (kép) từ hai vị trí khác nhau (**Hình 5**).

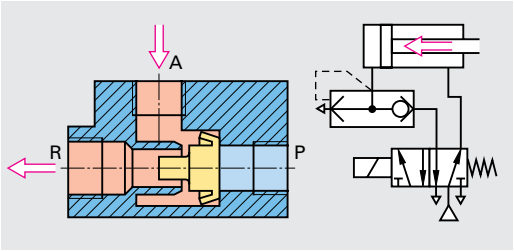
Xi lanh với pittông không có ti (Ben không ti) 1A1 tác động cửa trượt vào buồng làm việc của máy tiện. Với hai van dẫn 1S1 **hoặc** 1S2, van 1V3 được chuyển đến đến vị trí tác động "a" và qua đó cửa trượt được mở. Với các van 1S3 **hoặc** 1S4 cửa sẽ đóng lại.



Hình 5: Điều khiển cửa trượt từ hai vị trí

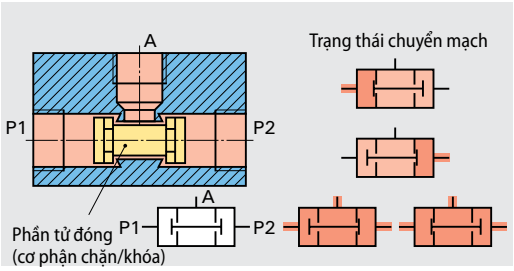
Van xả gió nhanh. Được lắp đặt trực tiếp trên xi lanh, dẫn khí thoát ra khỏi xi lanh khi trở về không qua van dẫn mà là thoát thẳng ra ngoài trời (**Hình 1**). Do hành trình ngắn hơn khiến ma sát của dòng khí xả nhỏ hơn làm tăng vận tốc trở về của ti pittông.

Thí dụ như van xả gió nhanh gắn trên bộ ly hợp hoạt động bằng khí nén, loại van này đòi hỏi đáp ứng rất nhanh.



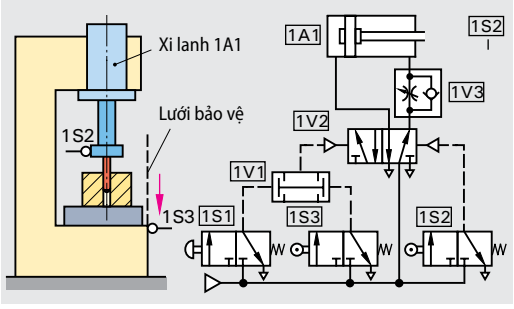
Hình 1: Van xả khí nhanh

Van áp suất kép. Có hai đầu vào P1, P2 và một đầu ra A (**Hình 2**). Khi chỉ có một trong hai đầu vào bị khí nén tác động, thiết bị khóa van sẽ đóng kết nối đến đầu ra A. Chỉ khi có khí nén đồng thời tại đầu vào P1 **và** P2 thì mới có dòng khí nén dẫn đến đầu ra A. Van áp suất kép kết nối hai tín hiệu đầu vào với một tín hiệu đầu ra (**cổng lô gic VÀ/ liên kết VÀ**).



Hình 2: Van áp suất kép

Thí dụ: chúng được sử dụng trong hệ điều khiển thao tác bằng hai tay cùng lúc và các mạch an toàn (**Hình 3**). Xi lanh 1A1 của máy ép chỉ chạy ra khi lưới bảo vệ đóng lại và van dẫn 1S3 được tác động **và** van khởi động 1S1 được tác động (nhấn). Trong điều khiển hai tay ở các máy móc dễ gây tai nạn, tín hiệu phải được phát ra khi hai tay tác động đồng thời và tín hiệu phải được xóa hoàn toàn sau mỗi hành trình của xi lanh.



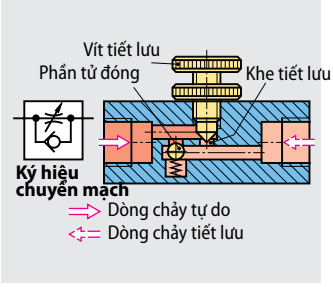
Hình 3: Cổng lôgic VÀ (Liên kết VÀ)

■ Van điều chỉnh dung lượng (Van lưu lượng)

Với van lưu lượng, trị số của dòng khí nén chảy qua ống được điều chỉnh. Có hai loại: van tiết lưu và van tiết lưu tác động một chiều. Có thể lắp trên đường ống đến xi lanh (van tiết lưu cấp khí) hoặc đi ra khỏi xi lanh (van tiết lưu xả khí).

Van tiết lưu (Vít chỉnh lưu) có một lỗ mở hoặc khe hẹp (tiết lưu) cố định hoặc điều chỉnh được, ảnh hưởng lên lưu lượng của khí nén (**Hình 4**)

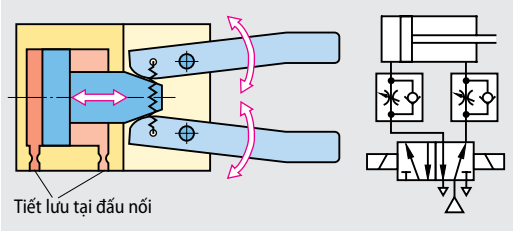
Hình 4: Van tiết lưu



Hình 5: Van tiết lưu tác động một chiều

Van tiết lưu tác động một chiều cho dòng khí nén lưu thông tự do theo một chiều và lưu lượng được tiết lưu theo chiều ngược lại (**Hình 5**). Van tiết lưu tác động một chiều thường được lắp trên đường ống làm việc phía ti pittông, khi cần điều chỉnh vận tốc dãn ra của pittông (**tiết lưu khí xả**). Do lực cản của van tiết lưu làm tăng áp suất khí xả, pittông được hãm lại và qua đó chạy đều và êm hơn.

Van tiết lưu do đó có thể được ứng dụng trong tay cầm khí nén của rô bốt để điều chỉnh vận tốc chuyển mạch (**Hình 6**).

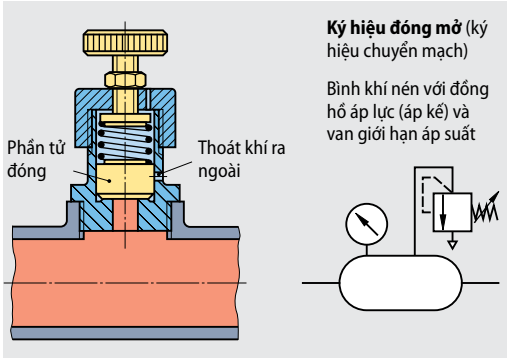


Hình 6: Tay gắp khí nén với tiết lưu

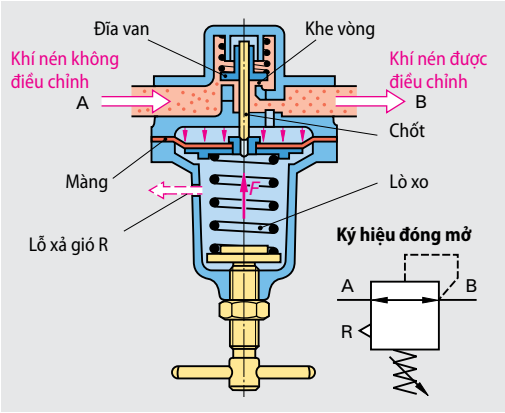
■ Van áp suất

Van giới hạn áp suất bảo đảm cho bình chứa khí nén, ống dẫn và các cấu kiện tránh áp suất quá giới hạn cho phép (**Hình 1**). Van này đóng trong trạng thái tĩnh (vị trí nghỉ). Bộ phận khóa xả gió ra ngoài khi lực khí nén lớn hơn lực lò xo đã được chỉnh trước của bộ phận khóa.

Van điều chỉnh áp suất (**van điều áp**) duy trì áp suất trong hệ thống khí nén theo giá trị xác định, mở trong trạng thái tĩnh (vị trí nghỉ). Áp suất được điều chỉnh bằng màng chắn, áp suất làm việc tác động phía trên và lực của lò xo điều chỉnh tác động phía dưới lên màng (**Hình 2**). Khi áp suất giảm do không khí tràn vào xi lanh thì lò xo ép lên màng và chốt ép đẩy đĩa van lên phía trên. Qua đó khí nén có thể đi vào ống dẫn qua khe vòng tròn cho đến khi áp suất làm việc tăng dần, ép màng trở về vị trí ban đầu. Ngược lại, nếu áp suất không khí trong ống dẫn tăng, thí dụ do tăng nhiệt độ, màng sẽ bị nâng lên, không khí có thể từ ống dẫn đi qua lỗ xả trong thân van thoát ra ngoài trời.



Hình 1: Van giới hạn áp suất



Hình 2: Van điều áp

6.3.2.4 Đặc tính của kỹ thuật khí nén

Điều khiển bằng khí nén được sử dụng rộng rãi do kỹ thuật khí nén có các ưu điểm và nhờ vào sự tương tác với các thành phần điện và điện tử (Trang 491).

Ưu điểm của kỹ thuật khí nén	Nhược điểm của kỹ thuật khí nén
• Điều chỉnh vô cấp lực và vận tốc xi lanh một cách liên tục. • Xi lanh và động cơ khí nén có thể đạt được vận tốc và số vòng quay cao. • Các thiết bị khí nén có thể chịu tải cao đến khi dừng mà không bị hư hỏng. • Khí nén có thể chứa trong bình.	• Không thể đạt được lực xi lanh lớn do áp suất làm việc thường không quá 10 bar. • Pittông không thể đạt được vận tốc đều (do đặc tính chịu nén của không khí). • Nếu không có cữ chặn cố định, xi lanh không thể chạy đến vị trí chính xác theo yêu cầu. • Khí xả gây ra tiếng ồn.

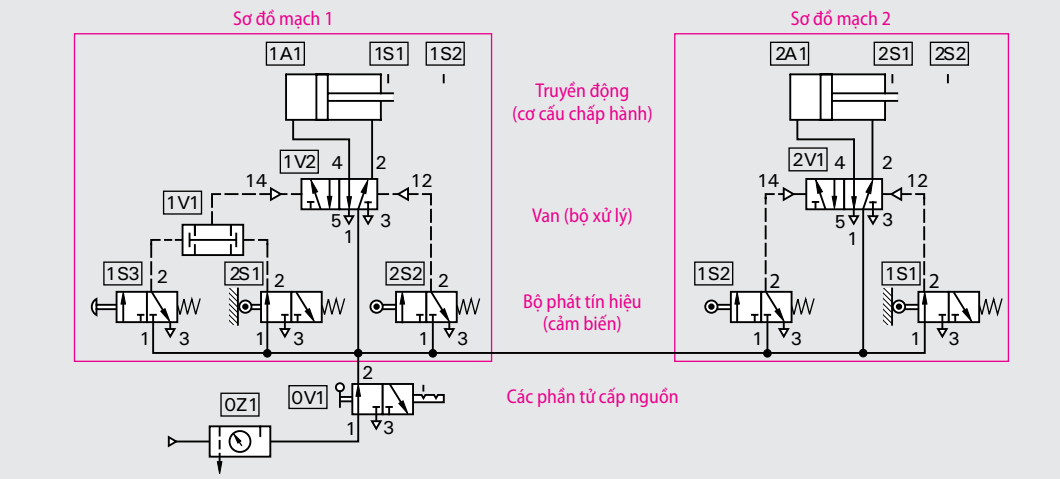
Ôn tập và đào sâu

1. Hãy nêu các ưu điểm của kỹ thuật khí nén?
2. Hãy nêu các yêu cầu chính đối với mạng lưới phân phối khí nén?
3. Vì sao người ta cần các thiết bị chuẩn bị, xử lý khí nén?
4. Khí nén không dầu được sử dụng trong các ứng dụng điều khiển nào?
5. Hãy nêu các ưu điểm của loại xi lanh không ti?
6. Vận tốc xi lanh được điều chỉnh bằng các cấu kiện nào?
7. Hãy vẽ ký hiệu van hành trình 5/3, trong đó tại vị trí giữa tất cả đấu nối đều đóng và được tác động từ một đòn bẩy?
8. Tín hiệu liên kết nào phù hợp với van chuyển đổi?
9. Tại sao mô tả chức năng của van áp suất kép như "liên kết VÀ" *(hàm lôgic VÀ)*?
10. Van giới hạn áp suất và van điều chỉnh áp suất có những nhiệm vụ nào?

6.3.3 Sơ đồ mạch của hệ điều khiển bằng khí nén

■ Cấu tạo của sơ đồ mạch

Hệ thống điều khiển khí nén được chia thành nhiều mạch (**Hình 1**). Sơ đồ mạch bao gồm các cấu kiện có chức năng liên quan chặt chẽ với nhau. Trong mỗi sơ đồ mạch các cấu kiện được bố trí và mô tả từ dưới lên trên theo hướng của dòng năng lượng.



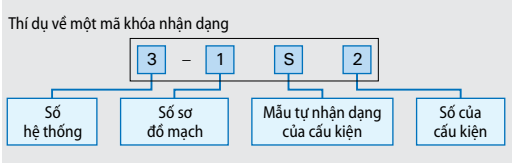
Hình 1: Kết cấu sơ đồ mạch khí nén qua thí dụ của một thiết bị nâng

■ Ký hiệu của cấu kiện

Ký hiệu của các phần tử trong sơ đồ mạch được quy định theo khóa trong tiêu chuẩn DIN ISO 1219-2. Ký hiệu đầy đủ của một cấu kiện bao gồm 4 phần chính (**Hình 2**):

- Số của hệ thống (thiết bị, máy)
- Số sơ đồ mạch trong hệ thống
- Mẫu tự nhận dạng (chữ cái mã) của cấu kiện (**Bảng 1**)
- Số của cấu kiện

Có thể không cần ghi số hệ thống khi sơ đồ mạch rõ ràng thuộc về một thiết bị hoặc một máy cụ thể. Số của cấu kiện là số thứ tự (số đếm) của phần tử cùng loại trong một mạch. Đối với thiết bị phát tín hiệu ghi nhận vị trí cuối hành trình của một xi lanh, thì số đếm "1" là vị trí cuối phía sau và số đếm "2" là vị trí cuối phía trước của ti pittông.



Hình 2: Mã khóa nhận dạng

Bảng 1: Mẫu tự nhận dạng cho cấu kiện	
A	Truyền động, cơ cấu chấp hành (xi lanh...)
M	Động cơ truyền động (động cơ điện)
P	Bơm và máy nén khí
S	Phần tử tín hiệu (van dẫn 3/2)
V	Van (Van dẫn, van áp suất kép,...)
Z	Các phần tử khác (áp kế, bộ lọc ....)

Thí dụ về ký hiệu của các cấu kiện trong sơ đồ mạch:

Ký hiệu	Số sơ đồ mạch	Loại cấu kiện	Số đếm	Ghi chú
2A1	2	Xi lanh	1	Số đếm có thể bỏ khi chỉ có 1 xi lanh trong sơ đồ mạch
1V1	1	Van	1	Số "1" thường được dành riêng cho van tác chỉnh của xi lanh
2S1	2	Bộ phát tín hiệu	1	Số "1" cho vị trí cuối phía sau của ti pittông (không chuẩn hóa)
2S2	2	Bộ phát tín hiệu	2	Số "2" cho vị trí cuối phía trước của ti pittông (không chuẩn hóa)
1S3	1	Bộ phát tín hiệu	3	Van khởi động, số "3" do đã dùng các số "1" và "2"
0Z1	(0)	Đơn vị bảo dưỡng	1	"0" mô tả các cấu kiện trước sơ đồ mạch

6.3.4 Thí dụ về điều khiển bằng khí nén

■ Hệ thống chuyển tải thùng

Trên một băng tải các thùng chứa đi đến cần được nâng lên từng chiếc một và chuyển sang băng tải thứ hai (**Hình 1**).

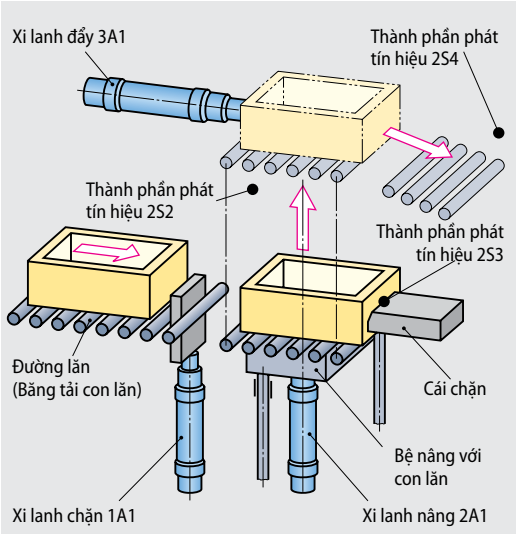
Các thùng chứa đến từ băng tải phía dưới bị xi lanh chặn 1A1 giữ lại. Sau khi phát ra tín hiệu khởi động 1S3, xi lanh chặn rút xuống và thùng được đưa vào bệ nâng. Tại đây sẽ phát động tín hiệu 2S3. Xi lanh 1A1 lại chạy lên vị trí chặn, xi lanh nâng 2A1 nâng thùng lên. Tại vị trí cuối sẽ tác động xi lanh đẩy 3A1, và đẩy thùng vào băng tải phía trên. Sau đó cả hai xi lanh 2A1 và 3A1 chạy trở về. Chu kỳ hoạt động kết thúc.

GRAFCET (**Hình 2**). Quá trình chuyển động của xi lanh có thể mô tả một cách tổng quan bằng GRAFCET (**Trang 476**).

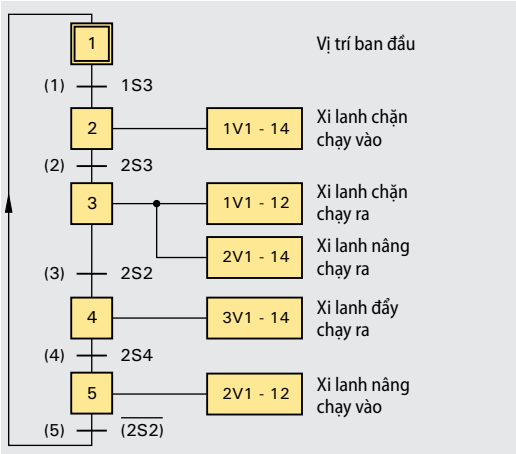
Trong **phần cấu trúc** người ta có thể đọc được từng bước điều khiển. Chúng được thay đổi luân phiên bởi các chuyển tiếp.

Trong **phần tác động**, mỗi bước của quá trình mô tả một hoặc nhiều hành động được ghi trong ô chữ nhật. Không cần mô tả quá trình chạy vào của xi lanh đẩy 3A1, do ngay sau khi hoàn tất sự vận chuyển (Điều kiện chuyển tiếp 4) với 2S4, xi lanh 3A1 lập tức chạy vào vì cùng sử dụng một phần tử tác chỉnh ổn định đơn 3V1.

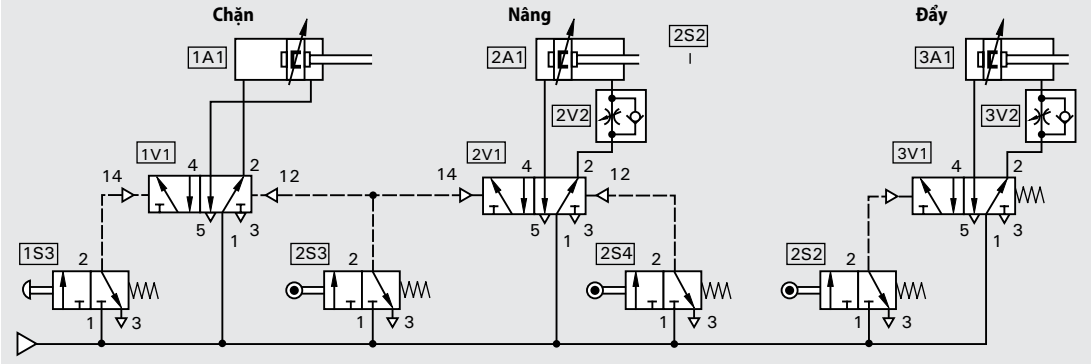
Sơ đồ mạch (**Hình 3**). Sơ đồ mạch minh họa sự liên kết của tất cả các phần tử trong hệ điều khiển. Do các phần tử được mô tả bằng các ký hiệu cho nên quá trình điều khiển chỉ có thể theo dõi bằng cách suy nghĩ một cách có hệ thống. Muốn "đọc" được sơ đồ mạch phải học và thực hành. Chỉ như thế mới có thể hiểu cách cấu tạo và ứng dụng đúng các chức năng trong hệ điều khiển.



Hình 1: Sơ đồ công nghệ của hệ thống chuyển tải



Hình 2: Biểu đồ GRAFCET cho trình tự vận hành ở hệ thống chuyển tải



Hình 3: Sơ đồ mạch khí nén của hệ thống chuyển tải

Cấp chi tiết cho hệ thống làm sạch

Sơ đồ công nghệ (Hình 1) và mô tả chức năng

Chi tiết được tẩy mỡ trong bể làm sạch trước khi mạ. Chi tiết được đặt trong giỏ treo trên thiết bị nâng dạng cổng. Sau khi phát tín hiệu khởi động, xi lanh 1A1 chuyển giỏ đến bể làm sạch. Tại đây giỏ được xi lanh 2A1 thả xuống bể và kéo trở lên. Sau đó giỏ di chuyển trở về vị trí ban đầu.

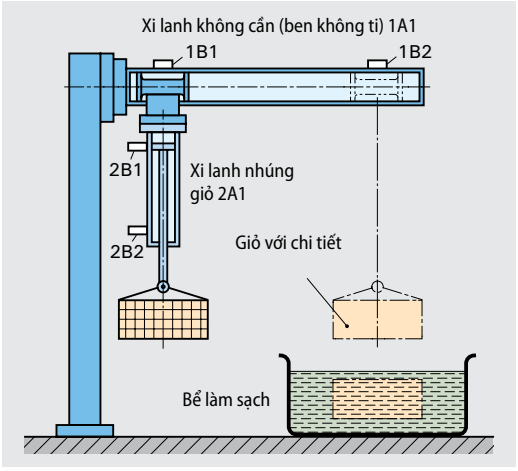
Mô tả trình tự vận hành với cách viết theo nhóm:

[1A1 + 2A1 +] [2A1 - 1A1 -]
Nhóm điều khiển I Nhóm điều khiển II

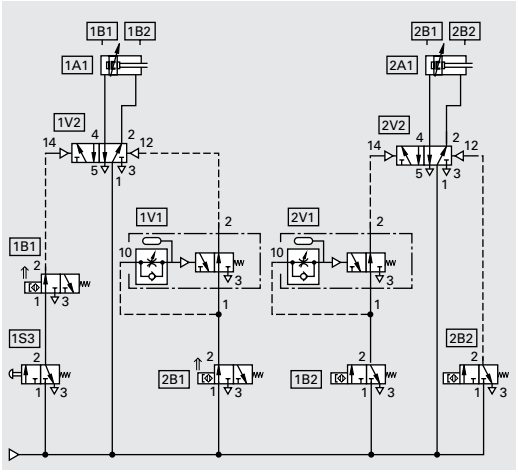
Tại điểm chuyển tiếp từ nhóm I đến nhóm II có cùng một cơ cấu chấp hành 2A1 với phần tử điều khiển ổn định kép (van xung). Tại đây sẽ xảy ra sự trùng lặp tín hiệu của xung 14 và xung 12. Điều tương tự cũng sẽ xảy ra cho van xung của xi lanh 1A1. Sự khởi đầu mới sẽ không thể xảy ra, do tín hiệu từ 2B1 luôn luôn ở vị trí ban đầu.

Sơ đồ mạch (Hình 2) và biểu đồ GRAFCET (Hình 3). Tín hiệu của cảm biến tiệm cận khí nén 1B2 khởi động chuyển động đi xuống của xi lanh, tín hiệu này không được phép tiếp tục tồn tại khi xi lanh 2A1 phải đi lên trở lại, nếu không, hai tín hiệu sẽ hiện hữu tại phần tử tác chỉnh 2V2 (= tín hiệu trùng lặp). Vì thế van 2V1 được trang bị chức năng thời gian để đóng lại sau 1 giây (Trang 492). Sự trùng lặp tín hiệu thứ hai (bước cuối cùng và khởi động mới) cũng được tránh bằng chức năng thời gian (bộ định thời) 1V1.

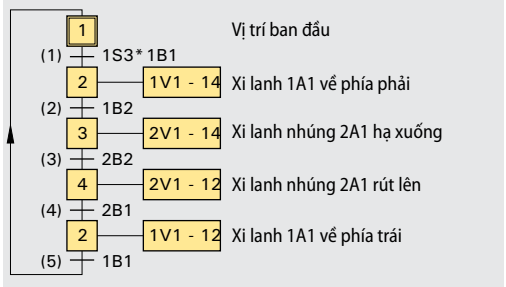
Điều khiển nối tầng (điều khiển trước - sau, điều khiển liên tiếp) (Hình 4). Một phương pháp hữu hiệu nhằm tránh sự trùng lặp tín hiệu trong điều khiển khí nén khi sử dụng van xung là sử dụng van chuyển đổi 0V1, cung cấp áp suất cho cả hai nhánh điều khiển I và II tại thời điểm xác định, do đó chỉ có những phần tử tín hiệu cần thiết của quá trình mới được cấp khí nén. Các phần tử tín hiệu khác không nhận được năng lượng.



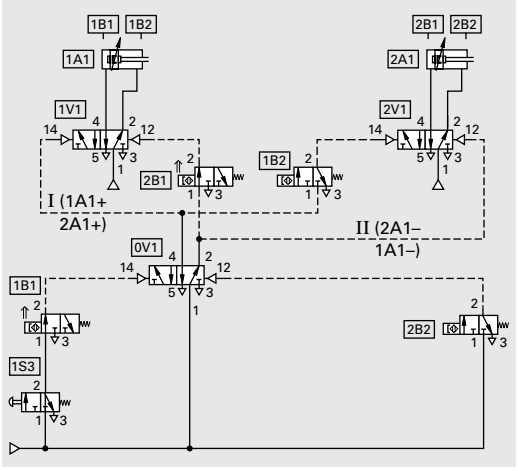
Hình 1: Sơ đồ công nghệ cho cần cẩu nạp chi tiết của một thiết bị làm sạch



Hình 2: Điều khiển van dẫn hướng với đòn bẩy lăn



Hình 3: Biểu đồ GRAFCET thiết bị làm sạch



Hình 4: Điều khiển nối tầng cho thiết bị làm sạch

6.3.5 Điều khiển điện - khí nén

Trong điều khiển điện - khí nén, **phần điều khiển** được thực hiện bằng các linh kiện điện (công tắc, cảm biến, rơ le, cuộn dây từ) hoặc mạch điện (mạch nối tiếp hay mạch song song), **phần công suất** do các phần tử khí nén đảm nhận (thành phần tác chỉnh, cơ cấu chấp hành).

■ Điều khiển điện - khí nén của gá dán các bộ phận bằng nhựa

Nhiệm vụ. Hai phần tử chất dẻo nhiệt được dán lại với nhau bằng bộ chày dập, được xi lanh tác động kép ép lên các phần được kẹp sẵn. (**Hình 1**).

Thời gian dán được điều chỉnh thông qua rơ le định thời và có thể thay đổi theo yêu cầu. Bóng đèn màu vàng cam sẽ sáng trong khi ép.

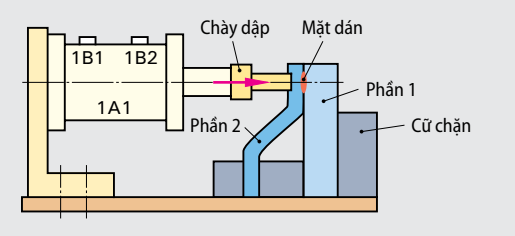
Cảm biến tiệm cận theo phương pháp cảm ứng từ được gắn trên thân xi lanh để kiểm tra cho cả hai vị trí đầu và cuối (Trang 471, Hình 3).

Để diễn tả quy trình hệ thống này cần sử dụng biểu đồ GRAFCET cho thiết kế sơ đồ mạch khí nén, sơ đồ mạch điện để điều khiển theo chương trình bằng cách nối điện (điều khiển bằng rơ le) cũng như một danh mục vị trí kẹp nối (Trang 510).

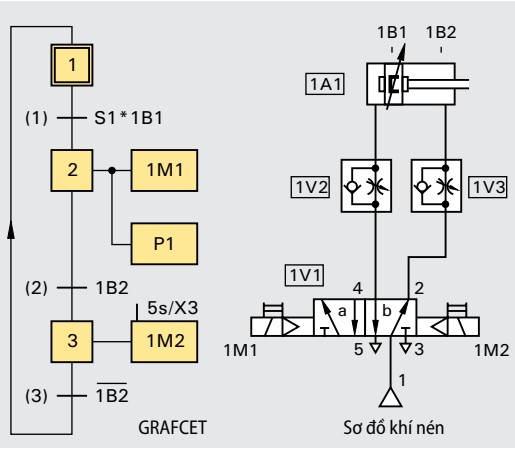
Ở biểu đồ **GRAFCET** (**Hình 2**), các thao tác lưu lại không được sử dụng. Trong bước 3, thao tác 1A2 sẽ hoạt động 5 giây sau khi kích hoạt biến số bước X3. Sự mô tả tương ứng với một **độ kéo trễ** (Bảng 1, Trang 492). Tham số X3 sau đó không còn xuất hiện trong sơ đồ mạch nữa. Bộ ngắt K2 mắc trong đường dòng điện 5 sẽ đảm nhận chức năng này (**Hình 3**).

Mô tả điều khiển lập trình kết nối. Rơ le K1 được kéo vào do ấn nút nhấn bằng tay S1, khi chày đóng dấu ở vị trí cuối phía sau (1B1).

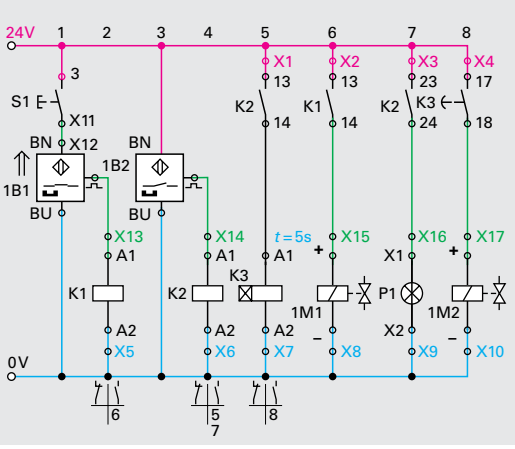
Qua công tắc của rơ le K1 trong đường dòng điện 6, nam châm 1M1 nhận được điện áp. Van xung khí nén 5/2 1V1 trong mạch khí nén bật sang vị trí "**a**". Pittông của xi lanh 1A1 chạy giảm tốc và đến vị trí cuối phía trước nhờ chức năng lưu ổn định kép của van xung 1V1. Tại vị trí cuối, cảm biến 1B2 được tác động. Qua đó đường dòng điện 4 của rơ le K2 sẽ đóng lại, rơ le K1 hút vào.



Hình 1: Sơ đồ công nghệ của gá dán



Hình 2: Biểu đồ GRAFCET và sơ đồ khí nén cho gá dán



Hình 3: Sơ đồ mạch của gá dán

Hai công tắc của nó đóng các đường dòng điện 5 và 7. **Rơ le định thời K3** bắt đầu hoạt động và đèn P1 bật sáng. Sau một thời gian đã được chỉnh trước t = 5 giây, sẽ đóng K3 trong đường dòng điện 8. Van từ 1M2 nhận được điện áp. Van hành trình 5/2 chuyển sang vị trí "b", pittông rút trở lại. Qua đó cảm biến 1B2 ngừng, rơ le K2 ngắt và đèn tắt. Rơ le định thời cũng không còn điện áp. Trong vị trí cuối phía sau, xi lanh tác động cảm biến 1B1, cho phép quy trình điều khiển lặp lại.

Rơ le thời gian (Rơ le định thời) sử dụng trong bài tập trang 491 có đặc tính kéo trễ. **Bảng 1** cho thấy và so sánh các chức năng thời gian khác nhau trong mạch điện - khí nén. Các công tắc đóng hay mở liên kết với rơ le thời gian được tác động đóng hoặc ngắt trễ. Vì thế, thí dụ như trong sự mô tả ngắt trễ đầu tiên sau khi mất tín hiệu đầu vào E; cửa 7/8 đóng lại sau 10 giây cho đến khi bị gián đoạn. Bảng cũng nêu các giải pháp tương ứng cho mạch khí nén và mô tả trong sơ đồ lôgic.

Trong thí dụ tạo lập một danh mục vị trí kẹp nối (**Hình 1**) có chứa tất cả các cấu kiện được nối với thanh kẹp. Như thế sự đấu dây không theo lôgic sơ đồ mạch. Ưu điểm là sự đấu nối dây đơn giản hơn và tổng quát hơn có khả năng phát hiện lỗi một cách hệ thống khi dây bị đứt.

Bên trái danh mục vị trí kẹp nối, tất cả các cấu kiện bên ngoài tủ điện được liệt kê trên thanh kẹp, chẳng hạn nút khởi động S1, cảm biến 1B1 hoặc van từ tính 1M1. Các cấu kiện bên phải đang có trong tủ điện có thể là rơ le K1, K2 và K3 cũng như các công tắc phụ của chúng.

Theo nguyên tắc sẽ bắt đầu với điện thế dương, nối cầu từ kẹp 1 đến 4 sau đó đến điện thế âm. Tại đây kẹp số 5 đến 10 cũng được nối cầu. Cuối cùng tất cả các cấu kiện còn thiếu được đưa vào danh mục vị trí kẹp nối, bắt đầu từ đường điện phía trái qua bên phải. Đường dòng điện 5 không xuất hiện trên danh mục. Tại đây người ta sẽ đấu nối trực tiếp từ công tắc thường mở K2 đến cuộn dây A1 của rơ le định thời K3.

Đến tủ điện	Mục tiêu: Ký hiệu cấu kiện	Mục tiêu: Ký hiệu đấu nối	Cầu nối điện	Số kẹp X	Mục tiêu: Ký hiệu cấu kiện	Mục tiêu: Ký hiệu đấu nối	Cấu kiện trong tủ điện
+	24V	+	o	1	K2	13	
	S1	3	o	2	K1	13	
	1B2	BN	o	3	K2	23	
			o	4	K3	17	
−	0V	—	o	5	K1	A2	
	1B1	BU	o	6	K2	A2	
	1B2	BU	o	7	K3	A2	
	1M1	—	o	8			
	P1	X2	o	9			
	1M2	—	o	10			
Đường 1-8	S1	4	o	11			
	1B1	BN	o	12			
	1B1	⎍	o	13	K1	A1	
	1B2	⎍	o	14	K2	A1	
	1M1	+	o	15	K1	14	
	P1	X1	o	16	K2	24	
	1M2	+	o	17	K3	18	
			o	18			
			o	19			
			o	20			

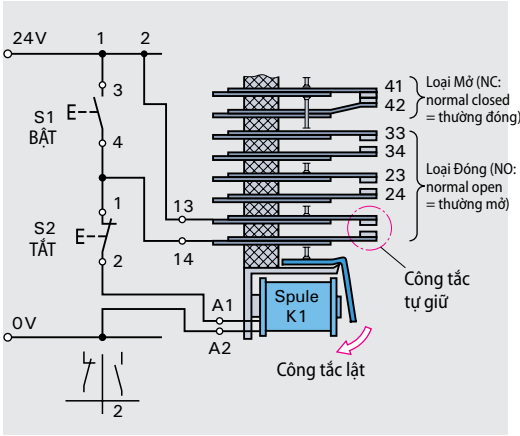
Hình 1: Danh mục vị trí kẹp nối của gá dán

Bảng 1: Sơ đồ tín hiệu - thời gian của chức năng thời gian trong khí nén và điện - khí nén

Khí nén	Điện	Đặc tính thời gian	Sơ đồ lôgic
E	E	E	1
Vị trí nghỉ-đóng	Công tắc thường mở	Kéo trễ: Trễ 10s	t 0
Vị trí nghỉ-chảy	Công tắc thường đóng	Kéo trễ: Trễ 10s	t 0
Vị trí nghỉ-đóng	Công tắc thường mở	Ngắt trễ: Trễ 10s	0 t
Vị trí nghỉ-chảy	Công tắc thường đóng	Ngắt trễ: Trễ 10s	0 t

Lưu tín hiệu

Trong nhiều trường hợp điều khiển điện - khí nén, tín hiệu của nút nhấn phải được lưu lại. Điều này thường được thực hiện thông qua **mạch tự giữ** của một rơ le (**Hình 1**). Với nút BẬT S1, mạch điện rơ le đóng. Một công tắc loại "đóng" (công tắc thường mở) của rơ le K1 được tác động song song với S1 và duy trì hoạt động dòng điện của cuộn dây ngay cả khi S1 nhả ra, do đó tín hiệu BẬT được lưu lại (=thiết lập K1: kéo lên). Khi nút S2 (công tắc thường đóng) tác động, sẽ ngắt chế độ tự duy trì (=tái thiết lập K1: kéo xuống).



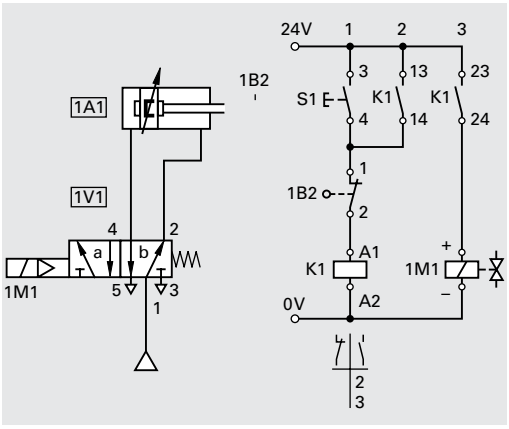
Hình 1: Mạch tự giữ với rơ le K1

Điều khiển một xi lanh khí nén

Một xi lanh khí nén tác động kép được điều khiển bằng van dẫn 5/2, van này được trang bị cuộn điện từ 1M1 và lò xo kéo về (**Hình 2**). Loại phần tử tác chỉnh này gọi là **ổn định đơn**, nghĩa là khi sụt điện áp ở 1M1 thì do tác động của lò xo, van trở về tình trạng ổn định **"b"**. Điều này thường được dùng trong mạch ưu tiên xóa (mạch chủ yếu khử, mạch hủy ưu tiên): khi đồng thời tác động cả S1 và S2, tại cuộn dây K1 sẽ không thể có điện áp.

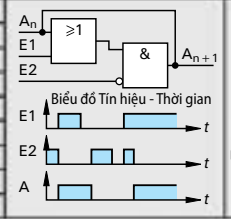
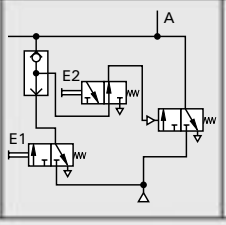
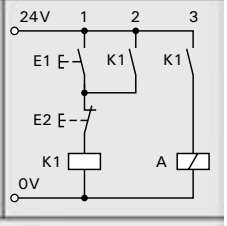
Bảng 1 mô tả đặc tính chuyển mạch của mạch tự giữ (mạch lưu).

Điều khiển công tắc với van xung dẫn hướng 5/2. Trong phần tử tác chỉnh 1V1, lò xo trả về được thay bằng một cuộn điện từ thứ hai 1M2. Một xung điện ngắn trên 1M1 điều khiển đổi chiều van vào vị trí "a". Trong mạch này, việc tự giữ là không cần thiết, do phần tử tác chỉnh là **"ổn định kép"**, van giữ vị trí chuyển mạch "a" cho đến khi có xung đảo đến từ 1M2. Khi đó 1V1 chuyển qua vị trí "b" và duy trì vị trí này.

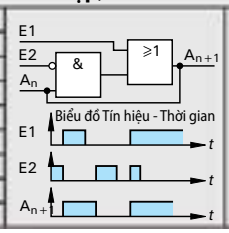
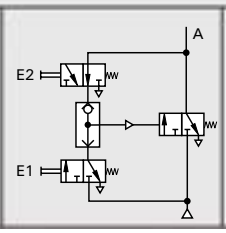
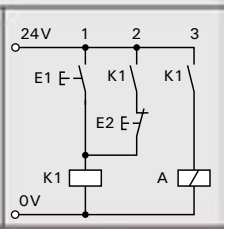


Hình 2: Điều khiển pittông với mạch tự giữ trong ứng dụng với phần tử tác chỉnh ổn định đơn

Bảng 1: Tự giữ, chủ yếu hủy (ưu tiên xóa)

Hàm chức năng	Bảng chức năng				Sơ đồ lôgic	Khí nén	Điện
$A_{n+1} = (E1 \vee A_n) \wedge \overline{E2}$	A_n	E2	E1	A_{n+1}			
	0	0	0	0			
	0	0	1	1			
	0	1	0	0			
	0	1	1	0			
A_n và A_{n+1} cho biết (biểu thị) trạng thái tín hiệu trước và sau khi cấp tín hiệu đầu vào mới	1	0	0	1			
	1	0	1	1			
	1	1	0	0			
	1	1	1	0			

Tự giữ, chủ yếu thiết lập (ưu tiên thiết lập)

Hàm chức năng	Bảng chức năng				Sơ đồ lôgic	Khí nén	Điện
$A_{n+1} = (E1 \vee A_n) \wedge \overline{E2}$	A_n	E2	E1	A_{n+1}			
	0	0	0	0			
	0	0	1	1			
	0	1	0	0			
	0	1	1	1			
A_n và A_{n+1} cho biết (biểu thị) trạng thái tín hiệu trước và sau khi cấp tín hiệu đầu vào mới	1	0	0	1			
	1	0	1	1			
	1	1	0	0			
	1	1	1	1			

■ Điều khiển điện - khí nén của cần cẩu cho công việc làm sạch

Hệ thống điều khiển cần cẩu nạp liệu dạng cổng của thiết bị làm sạch đã nêu ở trang 490, cần được thực hiện bằng điện - khí nén. Công việc này nên được thực hiện bằng cách chuyển đổi theo các nguyên tắc cơ bản của điều khiển trình tự dưới hình thức một chuỗi nhịp xóa.

Các thỏa thuận cơ bản về cấu trúc của **từng bước riêng rẽ trong chuỗi nhịp:** (**Hình 1**).

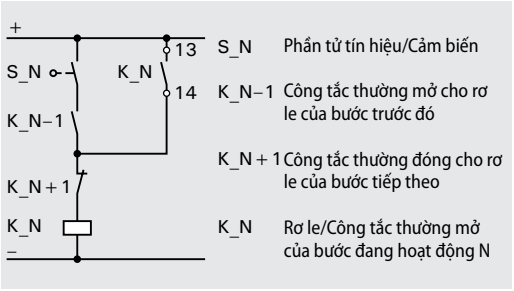
1. Mỗi vị trí cuối được kiểm tra bằng phần tử tín hiệu, thí dụ 1S1 và 2S1 (**Hình 2**).
2. Mỗi bước hoạt động được thay thế bằng một mạch tự giữ (chủ yếu xóa).
3. Mỗi bước được đưa vào bằng một phần tử tín hiệu hoặc cảm biến (**S_N**).
4. Mỗi bước chỉ có thể thực hiện khi bước trước đã hoạt động (**K_N-1**).
5. Bước kế tiếp sẽ hủy bước trước đó (Mở trễ **K_N+1**).

Qua đó bảo đảm trong quy trình mỗi lần chỉ hoạt động duy nhất một bước. Cần áp dụng cơ chế đóng sớm và mở trễ để việc thiết lập các bước và hủy các bước hoạt động trước không bị nhiễu (**Hình 3**).

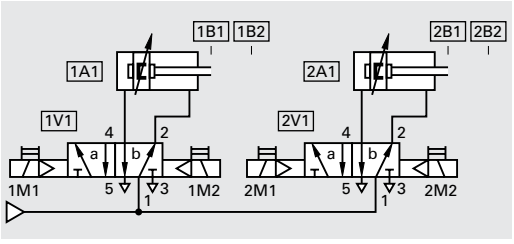
Sơ đồ đấu dây cho cần cẩu nạp liệu (**Hình 4**).

Lời giải sau đây thể hiện tiêu biểu cho việc thực hiện các quy tắc đã nêu trên.

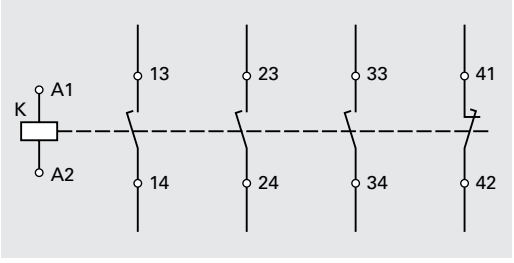
Nút S2 được gọi là nút xác nhận, cần thiết cho việc khởi động lại hệ thống.



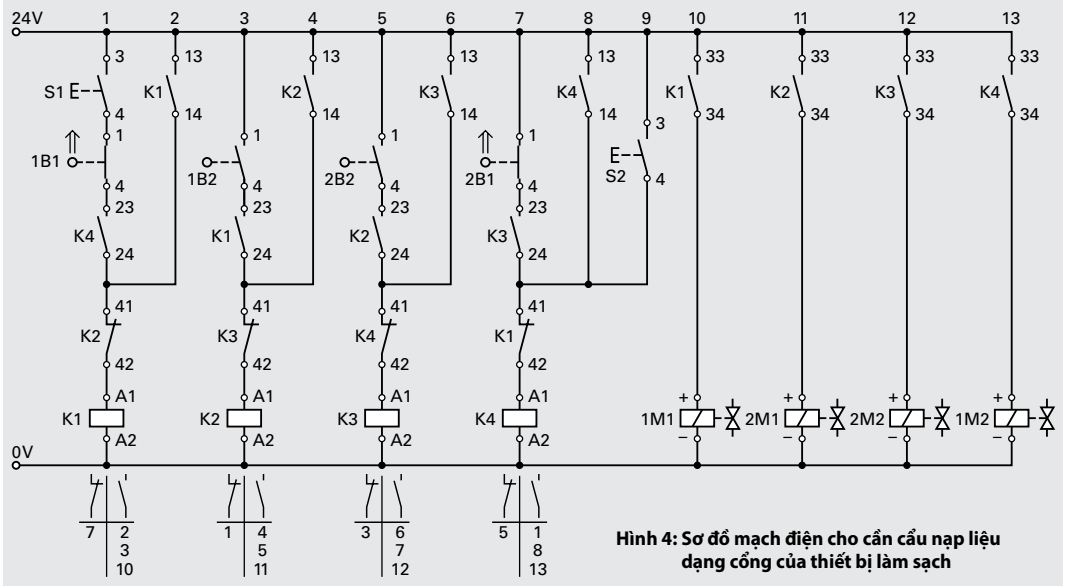
Hình 1: Bước riêng rẽ N trong chuỗi nhịp



Hình 2: Sơ đồ khí nén của cần cẩu nạp liệu dạng cổng



Hình 3: Công tắc thường mở sớm và thường đóng trễ



Hình 4: Sơ đồ mạch điện cho cần cẩu nạp liệu dạng cổng của thiết bị làm sạch

■ Điều khiển với phần chế độ vận hành

Điều khiển cần cẩu nạp liệu dạng cổng (trang 494) đáp ứng các yêu cầu của khách hàng, nhưng còn thiếu các phần tử để vận hành, chẳng hạn công tắc chính và công tắc dừng khẩn cấp (**Hình 1**).

Điều khiển công tắc với nút DỪNG KHẨN CẤP

Nhờ trang bị nút DỪNG KHẨN CẤP các máy móc hoặc hệ thống có thể dừng hoạt động ngay khi xảy ra tình huống nguy hiểm, qua đó cho phép tránh các mối nguy hiểm cho người và máy móc.

Yêu cầu đối với mạch DỪNG KHẨN CẤP:

- Phải dừng ngay trình tự vận hành
- Phải tách hệ điều khiển ra khỏi nguồn điện
- Phần tử làm việc (thí dụ như xi lanh, động cơ,...) phải trở về vị trí không nguy hiểm bằng một mạch DỪNG KHẨN CẤP riêng.
- Hệ điều khiển chỉ được phép hoạt động trở lại khi được cấp năng lượng.

Thí dụ về mạch DỪNG KHẨN CẤP. Xi lanh khí nén, được khởi động bằng nút S1 (KHỞI ĐỘNG) và công tắc tiệm cận 1B1 (**Hình 2**).

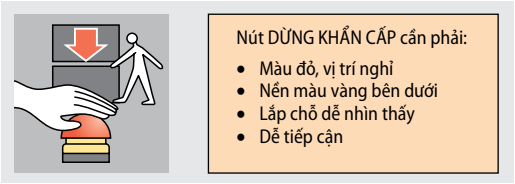
Xi lanh được lệnh chuyển mạch để trở về khi đạt đến vị trí cuối nhờ một công tắc tiệm cận 1B2. Nếu DỪNG KHẨN CẤP tại vị trí bất kỳ, xi lanh phải trở về vị trí ban đầu. Với công tắc DỪNG KHẨN CẤP S2 và rơ le K3, hệ điều khiển bị tắt và cuộn điện từ 1M2 mở.

Xi lanh rút về vị trí ban đầu. Hệ điều khiển có thể vận hành trở lại sau khi mở khóa công tắc DỪNG KHẨN CẤP S2.

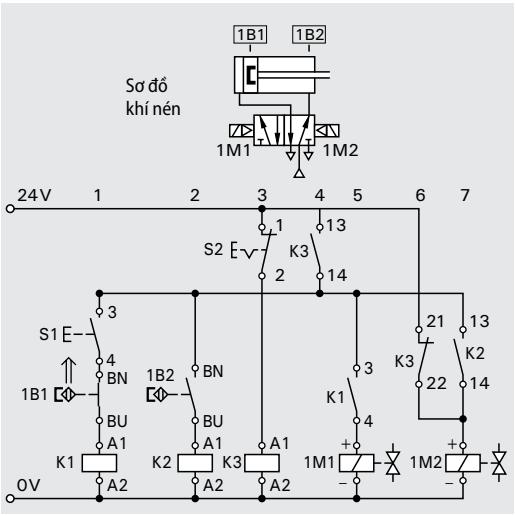
Bảo vệ trước chuyển động ngoài ý muốn của cơ cấu chấp hành. Bằng cách dùng van dẫn 5/3 có vị trí khóa ở giữa cho phần tử điều khiển 1V1, chuyển động của pittông lập tức dừng khi mất điện áp tại 1M1 và 1M2 (**Hình 3**). Bằng thao tác đột ngột tại van dẫn 3/2 0V1, toàn bộ năng lượng khí nén bị mất.

Vận hành tự động: Chu kỳ đơn và chu kỳ dài hạn

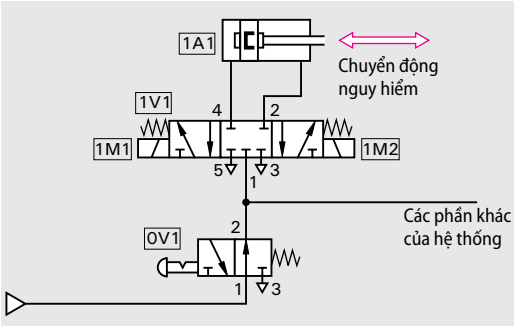
Với mạch này, pittông chỉ có thể chạy ra và trở về một lần hoặc chuyển mạch vận hành theo chu kỳ dài hạn (**Hình 4**). Trong chu kỳ dài hạn, tín hiệu khởi động S3 được thay bằng mạch song song của một công tắc loại đóng. Công tắc đóng này được tác động bằng rơ le K3 trong mạch tự giữ. Trong chu kỳ đơn, phải tác động S3 (Khởi động đơn).



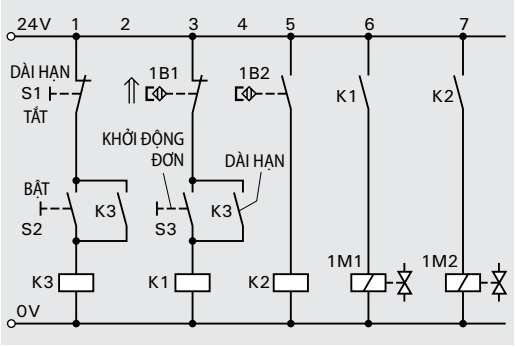
Hình 1: Dừng KHẨN CẤP



Hình 2: Mạch dừng KHẨN CẤP



Hình 3: Ngắt mạch năng lượng nén



Hình 4: Chu kỳ đơn và chu kỳ dài hạn

6.4 Điều khiển bằng thủy lực

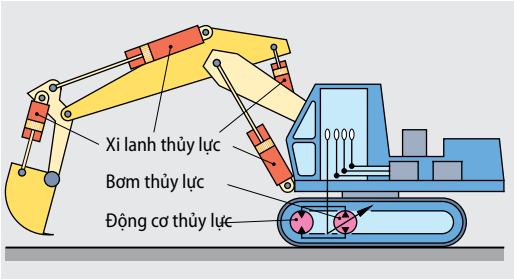
Thủy lực bao gồm truyền động và điều khiển máy móc bằng chất lỏng (**Hình 1**).

Ưu điểm của thủy lực

- Có thể đạt được lực lớn nhờ áp suất cao
- Vận tốc được điều chỉnh liên tục (điều chỉnh vô cấp)
- Chuyển động đều nhờ đặc tính ít chịu nén của chất lỏng
- Bảo vệ quá tải qua van giới hạn áp suất

Nhược điểm của thủy lực

- Phát sinh nhiệt, do đó làm thay đổi độ nhờn (độ nhớt) của chất lỏng thủy lực
- Tiếng ồn do bơm và động cơ cũng như do chuyển mạch của van
- Phát sinh việc rò rỉ dầu

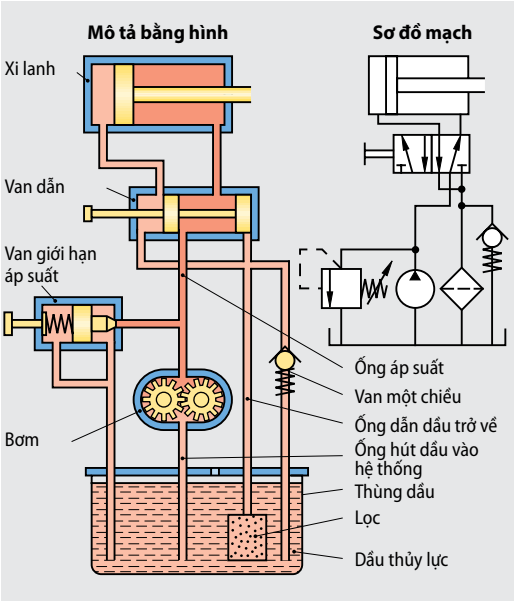


Hình 1: Xe đào đất với truyền động bằng thủy lực

6.4.1 Các thành phần chính

Hệ thống thủy lực bao gồm nhiều thành phần khác nhau, chẳng hạn như bơm, các loại van và xi lanh (**Hình 2**). Bơm hút chất lỏng thủy lực từ thùng chứa và ép chất lỏng đi qua van dẫn hướng (van hành trình) vào trong xi lanh hoặc động cơ thủy lực. Chất lỏng bị pittông ép chảy qua van dẫn hướng và trở về thùng chứa. Khi vượt quá giá trị áp suất tối đa được hiệu chỉnh trước, van giới hạn áp suất sẽ mở và chất lỏng trực tiếp trở về thùng chứa.

Thùng chứa có các chức năng lưu trữ dầu thủy lực (chất lỏng thủy lực), bổ sung phần dầu bị rò rỉ, làm nguội dầu bị nóng trong quá trình lưu động. Trong thùng chứa cũng có thể là nơi các hạt bẩn (chất cặn) đi theo dầu lắng xuống.



Hình 2: Các thành phần chính trong hệ thống thủy lực

6.4.1.1 Dầu thủy lực

Dầu thủy lực được sử dụng là loại dầu khoáng, khó cháy và có thể phân hủy bằng sinh học (**Bảng 1**). Dầu thủy lực phải có khả năng bôi trơn và không bị lão hóa. Độ nhờn (độ nhớt) càng ít thay đổi theo nhiệt độ càng tốt, không được sủi bọt, không gây hại đến phớt và vật liệu của các cấu kiện trong hệ thống.

Trong các hệ thống thủy lực làm việc với nhiệt độ cao, chẳng hạn máy nén thủy lực, người ta thường sử dụng dầu thủy lực khó cháy. Trong những khu vực nhạy cảm với môi trường, chẳng hạn vùng nước cần bảo vệ hay rừng và đất nông nghiệp, cần phải sử dụng loại dầu có thể phân hủy bằng sinh học trong các thiết bị thủy lực.

Bảng 1: Dầu thủy lực

Dầu thủy lực trên cơ sở dầu khoáng	
HLP	Dầu thủy lực với phụ gia để cải thiện khả năng chống lão hóa, rỉ sét, và mài mòn. Dễ tách bằng dòng không khí.
HVLP	Dầu thủy lực có đặc tính tương tự loại HLP, nhưng có độ nhớt thay đổi ít hơn
Chất lỏng khó cháy	
HFC	Dung dịch có nhiều nước, thí dụ 35% polyglycol trong nước, chỉ sử dụng cho áp suất thấp
HFD	Chất lỏng tổng hợp không chứa nước, chẳng hạn este axit photphoric
Chất lỏng có thể phân hủy bằng sinh học	
—	Dầu thủy lực trên cơ sở dầu thực vật, thí dụ như dầu hạt cải, este tổng hợp, hoặc dầu glycolic có thể bị phân hủy hầu hết.

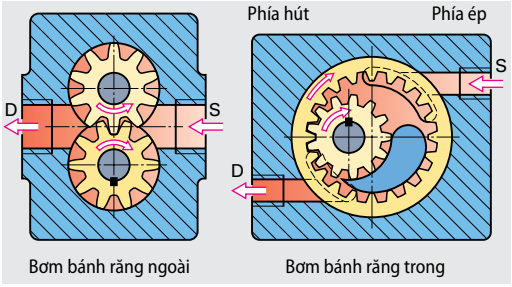
6.4.1.2 Bơm thủy lực

Kích cỡ và loại bơm được xác định theo lưu lượng, áp suất và số vòng quay. Lưu lượng là thể tích chất lỏng được bơm chuyển tải trong một đơn vị thời gian, thí dụ 25 lít/phút. Bơm có dung tích không đổi trong mỗi vòng quay trục bơm, thí dụ 10 cm^3, được gọi là **bơm cố định**. Ngược lại, nếu dung lượng bị đẩy ra ngoài có thể thay đổi được, được gọi là **bơm điều chỉnh được** (bơm cung cấp thay đổi).

Trong bơm điều chỉnh được, dung lượng bị đẩy ra ngoài trong mỗi vòng quay có thể chỉnh được.

■ Bơm bánh răng

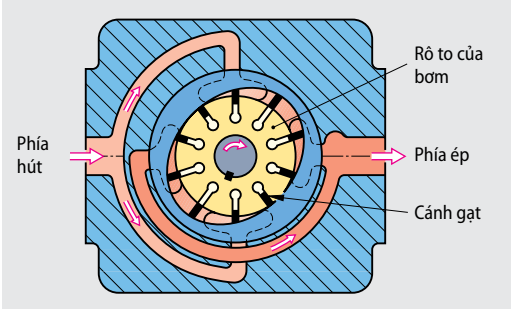
Bơm bánh răng được sản xuất theo kiểu bánh răng trong và ngoài (**Hình 1**). Chúng tải chất lỏng trong khoảng trống giữa hai răng từ buồng hút đến buồng áp suất. Bơm bánh răng luôn luôn là bơm cố định.



Hình 1: Bơm bánh răng

■ Bơm lá bài (Bơm cánh gạt, bơm cánh quạt, bơm lá sách)

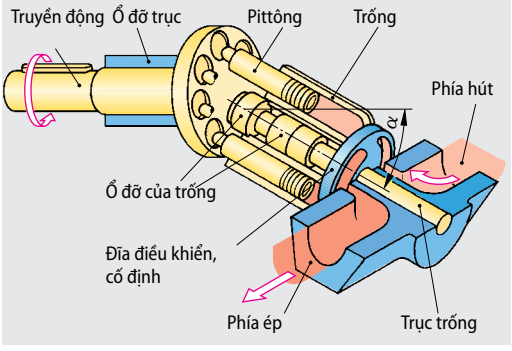
Trong bơm lá bài, trục bơm gắn cánh quạt quay trong thân bơm có 2 vùng phay phẳng, phần lớn là dạng lưỡi liềm (**Hình 2**). Qua đó chất lỏng được nén trong các buồng giữa từng cặp cánh quạt và thân bơm thành các phần nhỏ (như tế bào), tải từ phía hút đến phía ép.



Hình 2: Bơm lá bài cố định

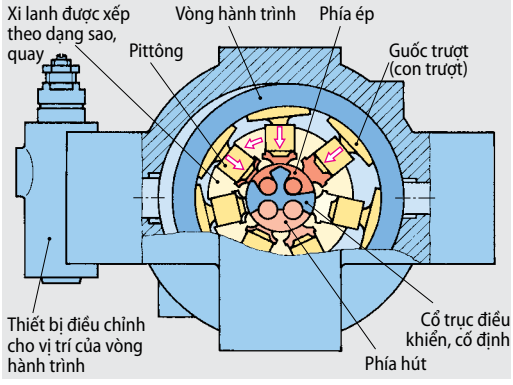
■ Bơm pittông

Ở bơm pittông người ta phân biệt loại pittông dọc trục và loại pittông hướng tâm. Ở bơm pittông hướng trục kiểu trục nghiêng, trong một nửa vòng quay pittông kéo trống bơm ra khỏi đĩa điều khiển cố định (**Hình 3**), qua đó bơm hút chất lỏng. Trong nửa vòng quay còn lại pittông ép chất lỏng vào ống áp suất. Đối với bơm điều chỉnh được, có thể thay đổi góc giữa trống bơm và trục để thay đổi hành trình của pittông và do đó thay đổi lưu lượng bơm. Nếu xoay trống bơm theo hướng bên kia thì chiều cấp chất lỏng sẽ đổi ngược lại.



Hình 3: Bơm pittông dọc trục kiểu bơm trục nghiêng điều chỉnh được

Trong **bơm pittông hướng tâm**, pittông vuông góc với trục quay (**Hình 4**). Các xi lanh xếp theo hình ngôi sao được truyền động và quay trên cổ trục đứng yên. Pittông dựa trên vòng hành trình được đặt lệch tâm, thực hiện chuyển động hướng tâm và tải chất lỏng từ phía hút đến phía ép.



Hình 4: Bơm pittông hướng tâm, kiểu bơm điều chỉnh được

Tùy theo dạng của phần tử nén, người ta phân biệt **bơm bánh răng, bơm lá bài và bơm pittông**.

6.4.1.3 Các phần tử làm việc

Các phần tử làm việc trong hệ thống thủy lực bao gồm xi lanh, động cơ thủy lực và bình chứa thủy lực.

■ Xi lanh thủy lực

Xi lanh thủy lực thực hiện chuyển động thẳng, hoạt động ổn định hơn xi lanh khí nén (Trang 482) do áp suất làm việc cao và tính ít chịu nén của chất lỏng thủy lực (**Hình 1**). Xi lanh thủy lực được sản xuất theo loại tác động đơn (một chiều) và tác động kép (hai chiều), có hoặc không có giảm chấn.

Lực pittông. Lực pittông được tính tương tự như xi lanh khí nén (Trang 482).

Tỷ lệ lực. Trong hệ thống thủy lực kín, từng không gian riêng rẽ được nối kết với nhau, áp suất trong toàn bộ hệ thống, p_e, là bằng nhau (**Hình 2**). Khi áp suất tác động lên các bề mặt có diện tích khác nhau sẽ tạo ra lực khác nhau.

Các lực riêng rẽ $F_1 = p_e \cdot A_1$ và $F_2 = p_e \cdot A_2$

Tỷ lệ truyền lực $\frac{F_2}{F_1} = \frac{p_e \cdot A_2}{p_e \cdot A_1} = \frac{A_2}{A_1}$

Vận tốc pittông và vận tốc lưu lượng (**lưu tốc**). Vận tốc pittông *v* trong xi lanh thủy lực phụ thuộc vào lưu lượng dẫn vào Q và diện tích mặt pittông (**Hình 3**). Lưu lượng được định nghĩa là lượng chất lỏng chảy qua một đơn vị tiết diện trong một đơn vị thời gian, Thí dụ Q = 16 lít/phút. Vận tốc của lưu lượng *v* của chất lỏng trong ống và trong ống mềm càng lớn khi lưu lượng Q càng lớn và càng nhỏ khi tiết diện A của ống càng lớn (**Hình 4**).

Vận tốc pittông và vận tốc lưu lượng $v = \frac{Q}{A}$

Thí dụ: Xi lanh thủy lực (Hình 3) nối với ống (d = 16 mm) và lưu lượng Q = 12 lít/phút. Vận tốc đi ra và trở về cũng như lưu tốc trong ống dẫn là bao nhiêu?

Lời giải: Đi ra:

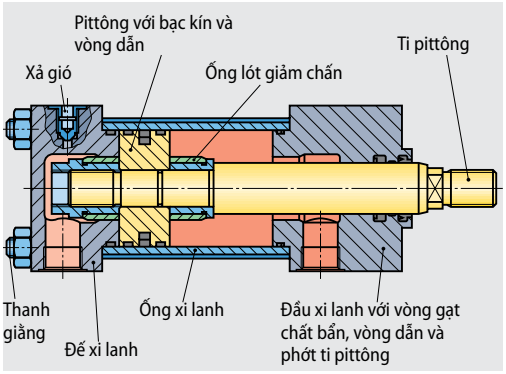
$$v = \frac{Q}{A_1} = \frac{12\,000 \frac{cm^3}{phút}}{38{,}5\ cm^2} = 312 \frac{cm}{phút}$$

Trở về:

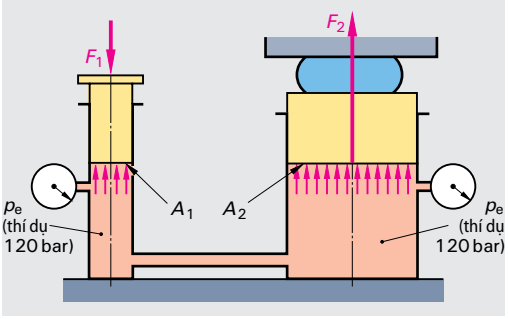
$$v = \frac{Q}{A_2} = \frac{12\,000 \frac{cm^3}{phút}}{18{,}9\ cm^2} = 635 \frac{cm}{phút}$$

Lưu tốc trong ống:

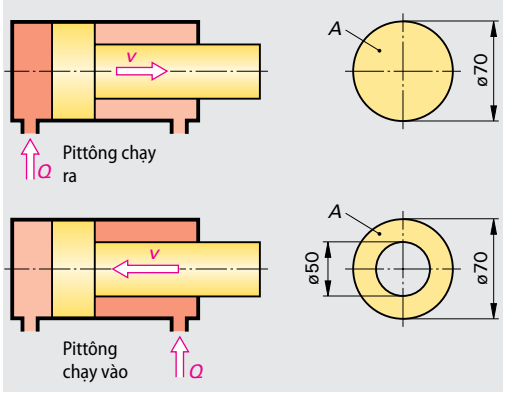
$$v = \frac{Q}{A} = \frac{12\,000 \frac{cm^3}{phút}}{2{,}01\ cm^2} = 59{,}7 \frac{m}{phút} \approx 1 \frac{m}{s}$$



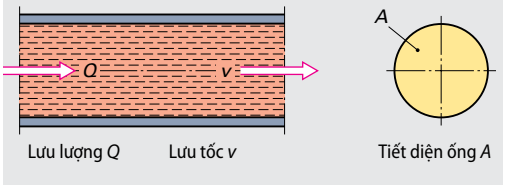
Hình 1: Xi lanh thủy lực tác động kép



Hình 2: Tỷ lệ truyền lực trong máy ép thủy lực



Hình 3: Vận tốc pittông chạy ra và chạy vào của xi lanh thủy lực



Hình 4: Lưu tốc trong ống

■ Động cơ thủy lực

Động cơ thủy lực chuyển đổi năng lượng chất lỏng bị nén trong bơm thành công quay (cơ năng) (**Hình 1**). Trong đó chất lỏng bị nén tác động lên phần tử ép (bánh xe răng, cánh gạt, pittông).

Động cơ kiểu pittông hướng tâm đặc biệt phù hợp với số vòng quay truyền động thấp (chẳng hạn các động cơ tốc độ chậm). Động cơ thủy lực được sản xuất theo loại lưu lượng một hoặc hai chiều, cố định hoặc có thể điều chỉnh. Do đó các thiết bị được kết nối với bơm có thể vận hành theo một hoặc cả hai chiều quay, với tốc độ quay cố định hoặc điều chỉnh được.

Thí dụ: Động cơ cố định nhận dung tích V = 10 cm^3 trong mỗi vòng quay, lưu lượng Q = 2 lít/phút. Hãy tính tốc độ quay của động cơ.

Lời giải:

$$n = \frac{Q}{V} = \frac{2000\ \frac{cm^3}{\text{phút}}}{10\ cm^3} = 200\ \frac{1}{\text{phút}}$$

Đối với truyền động bàn máy bằng cơ thủy lực người ta sử dụng động cơ thủy lực và trục ren (**Hình 2**). Chiều quay của động cơ thủy lực và chiều chuyển động của bàn máy được điều khiển thông qua van dẫn hướng 4/3 (van một chiều).

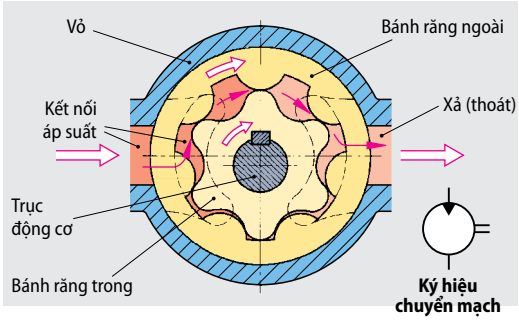
■ Bình chứa thủy lực

Trong bình chứa thủy lực, chất lỏng được nén và tích trong bình kín chứa nitơ (**Hình 3**).

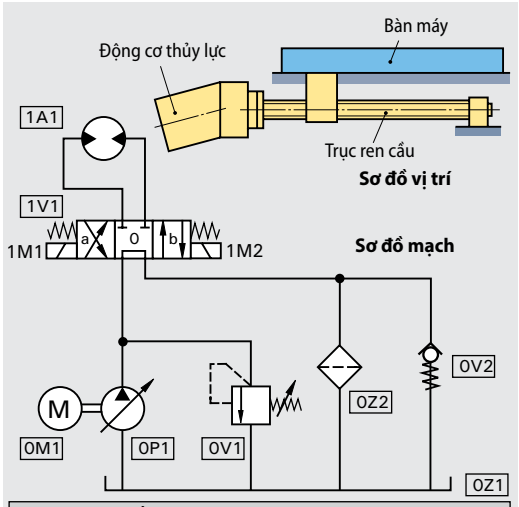
Trong **bình chứa kiểu bong bóng,** chất lỏng chứa trong bình nén bong bóng lại với nhau cho đến khi áp suất khí trong bong bóng cân bằng với áp suất chất lỏng. Khi áp suất trong ống dẫn của bình giảm, bong bóng nén chất lỏng trở về ống dẫn cho đến khi đạt được sự cân bằng áp suất giữa dầu và khí trong bình (xả tải). Trong **bình chứa kiểu màng,** tấm màng ngăn cách giữa buồng chứa chất lỏng và buồng chứa khí. Trong **bình kiểu xi lanh,** pittông chuyển động tự do ngăn cách giữa buồng chứa chất lỏng và buồng chứa khí.

Nhiệm vụ của bình thủy lực

- Tích trữ chất lỏng thủy lực trong khi xi lanh và động cơ thủy lực ngừng hoạt động
- Bổ sung thêm chất lỏng thủy lực tăng khi cần chuyển động nhanh
- Giảm chấn và xung
- Cân bằng rò rỉ
- Thay thế trong thời gian ngắn khi bơm ngưng hoạt động trong trường hợp tác động khẩn cấp.

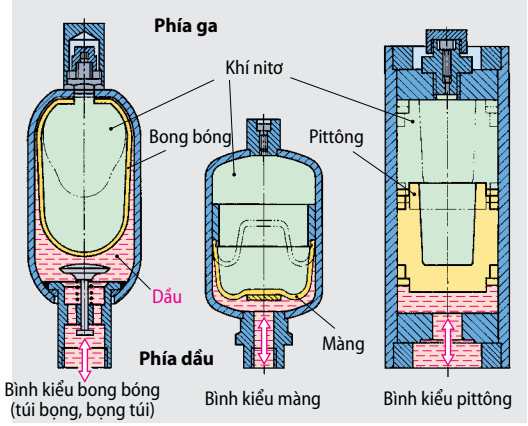


Hình 1: Động cơ thủy lực với vành răng



Danh mục thiết bị			
0Z1	Bình thủy lực	0V1	Van giới hạn áp suất
0Z2	Lọc dầu trả về	0V2	Van một chiều
0M1	Động cơ điện	1V1	Van dẫn hướng 4/3
0P1	Bơm điều chỉnh	1A1	Động cơ thủy lực

Hình 2: Truyền động bàn máy bằng cơ - thủy lực

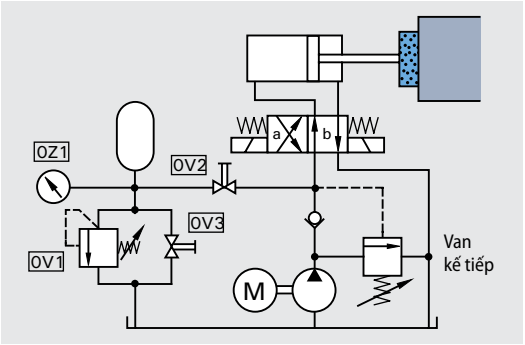


Hình 3: Bình thủy lực

Điều khiển với bình thủy lực trên thiết bị kẹp (**Hình 1**). Khi xi lanh kẹp tiến tới hoặc lui lại, bơm và bình cùng cung cấp dầu thủy lực cho xi lanh, qua đó bình trống. Bình được nạp đầy trở lại cho đến khi xi lanh tiến đến vị trí cuối. Khi bình đầy, van tiếp theo sẽ mở và bơm tải chất lỏng trực tiếp đến bình chứa.

Các bình có tích số giữa áp suất (bar) và dung tích danh định (lít) lớn hơn 200 bar/lít phải được trang bị **các thiết bị an toàn** dưới đây (**Hình 1**):

- Áp kế không thể ngắt được (0Z1)
- Van giới hạn áp suất riêng (0V1)
- Van một chiều cho các thiết bị còn lại (0V2)
- Van xả để làm trống bình chứa (0V3)



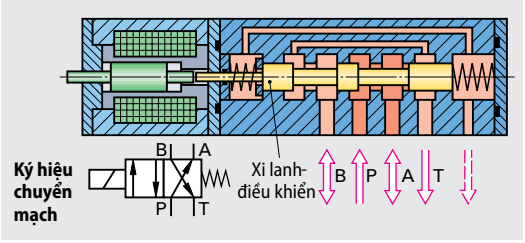
Hình 1: Điều khiển với bình thủy lực

6.4.1.4 Các loại van thủy lực

Tương tự như trong khí nén, người ta phân biệt các loại van thủy lực như van hành trình (van dẫn hướng), van một chiều, van áp suất và van lưu lượng.

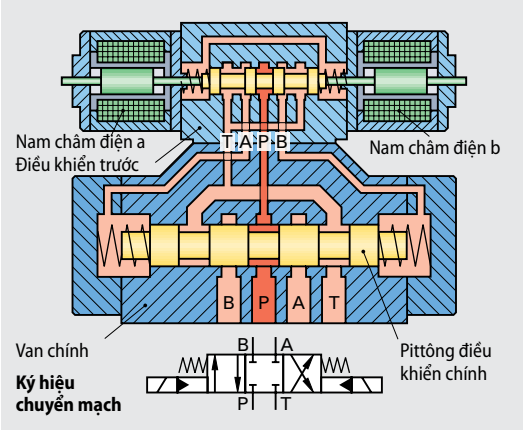
■ Van hành trình (van dẫn hướng)

Van hành trình thủy lực có cùng ký hiệu, mô tả, và tác động như van hành trình khí nén (Trang 484). Đa số được chế tạo theo kiểu van đẩy theo chiều dài (**Hình 2**). Trong loại van này, khi được tác động, pittông điều khiển sẽ đẩy theo hướng trục.



Hình 2: Van hành trình 4/2

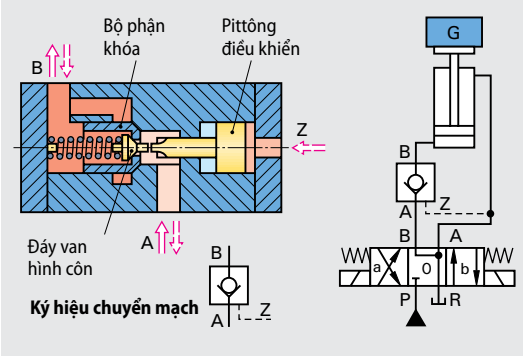
Đối với các van hành trình lớn, công suất điện cần thiết để tác động van một cách trực tiếp là rất lớn. Vì thế, chỉ tác động bằng điện từ **van điều khiển phụ** gắn kế bên. Van phụ mở cho chất lỏng bị nén lưu thông tự do, và qua đó sẽ mở van chính (**Hình 3**). Khi tác động nam châm điện a, pittông của van phụ được đẩy về phía phải. Qua đó chất lỏng trong van phụ chảy từ P đến B và đi vào phía bên phải của van chính. Pittông của van chính chuyển sang phía trái và mở đường lưu thông từ P đến B và từ A đến T.



Hình 3: Van hành trình điều khiển trước

■ Van một chiều

Trong **van một chiều mở khóa được**, tác dụng khóa có thể hủy bằng đấu nối điều khiển Z (**Hình 4**). Pittông điều khiển ép đáy van hình côn trong van một chiều, làm giảm nhanh áp suất trong đấu nối B, khi đó pittông điều khiển có thể mở bộ phận khóa. Với van một chiều mở khóa được, xi lanh chịu tác động của lực từ bên ngoài có thể được ngưng hoạt động tại vị trí bất kỳ.



Hình 4: Van một chiều mở khóa được

■ Van áp suất

Van áp suất thường bao gồm van điều chỉnh và van chuyển mạch (van tác động, van hai vị trí, van đóng-cắt). Thuộc về nhóm **van điều chỉnh áp suất** là van giới hạn áp suất và van giảm áp. Hai loại van này duy trì áp suất cố định độc lập với tải trong hệ thống thủy lực. Van điều chỉnh áp suất bắt đầu mở khi áp suất trong ống van đạt đến giá trị được điều chỉnh trước. **Van điều khiển áp suất** (**van tiếp nối**) chuyển mạch tiếp tục đến các xi lanh khác khi đạt đến áp suất cài đặt trước (**Hình 1**) hay ngắt máy bơm (Hình 1, trang 500). Các van sẽ mở khi áp suất tại bước trước đó của hệ điều khiển đạt đến áp suất chuyển mạch.

Thí dụ: Trong **gá uốn bằng thủy lực** (Hình 1) các chi tiết bằng tấm tôn được xi lanh thủy lực 1A1 kẹp chặt và được uốn cong thông qua xi lanh 2A1. Xi lanh kẹp chặt được điều chỉnh theo van giới hạn áp suất, thí dụ 250 bar. Áp suất này được van giảm áp, đặt trên đường ống đến xi lanh uốn 2A1, thí dụ giảm xuống còn 100 bar. Nếu xi lanh kẹp đã kẹp chi tiết tôn, áp suất trong ống dẫn của xi lanh sẽ tăng lên. Khi áp suất này đạt đến giá trị được chỉnh trước, thí dụ 200 bar trong van tác động, van này sẽ mở. Xi lanh uốn chạy ra, bảo đảm chi tiết đã được kẹp chặt trước khi bắt đầu quá trình uốn.

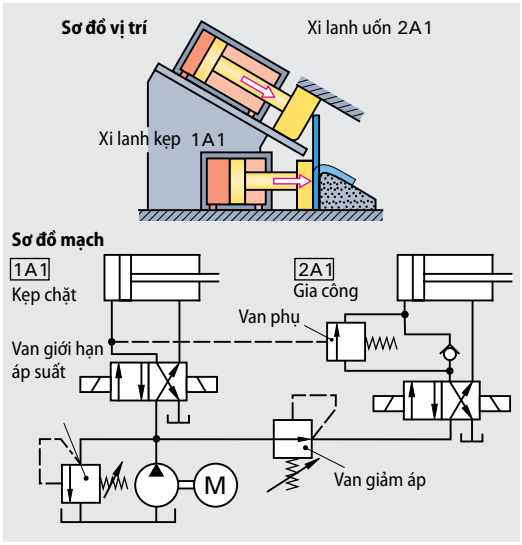
Các loại van. Van áp suất được chế tạo theo loại van điều khiển trực tiếp và van điều khiển trước. Đối với van điều khiển trước, bộ phận khóa không sử dụng lò xo mà là áp suất của chất lỏng tự đóng (**Hình 2**). Khi áp suất đạt đến giá trị điều chỉnh với lò xo trong van điều chỉnh trước, van điều chỉnh trước mở. Do chất lỏng chảy ra và giảm lưu trong bộ phận khóa, lực đóng giảm lại. Van mở đường thông từ A đến B.

■ Van lưu lượng

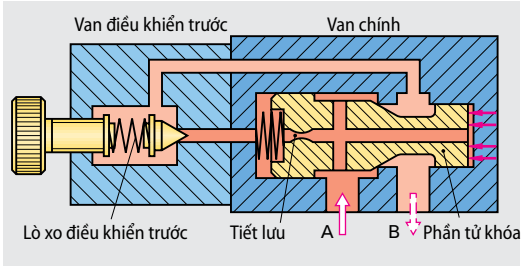
Van lưu lượng được dùng để thay đổi lưu lượng của dòng chảy, chẳng hạn để điều chỉnh vận tốc của xi lanh hoặc số vòng quay của động cơ thủy lực. Van lưu lượng bao gồm **van tiết lưu** và **van điều chỉnh lưu lượng**.

Van tiết lưu (**Hình 3**). Trong máy ép thủy lực (**Hình 4**) có lực F với các giá trị khác nhau trong quá trình nâng, do đó làm thay đổi sự chênh lệch áp suất $p_1 - p_2$ trong van tiết lưu và thay đổi lưu lượng ***Q***. Xi lanh chạy ra với vận tốc *v* khác nhau.

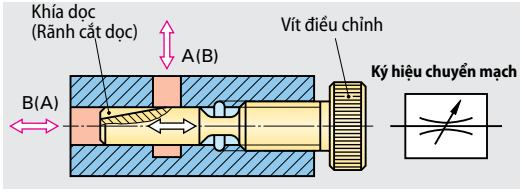
> Trong van tiết lưu, lưu lượng phụ thuộc vào tiết diện dòng chảy đi qua và áp suất chênh lệch $p_1 - p_2$ giữa hai đầu nối A và B.



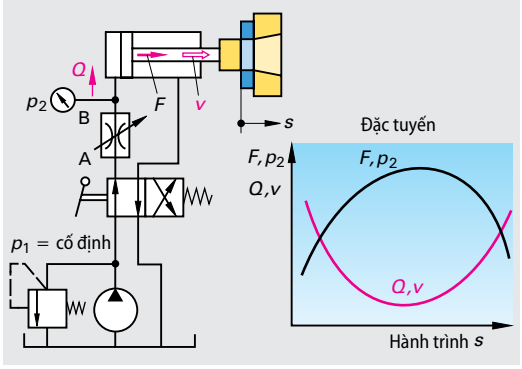
Hình 1: Van áp suất trong hệ thống điều khiển gá uốn bằng thủy lực



Hình 2: Van áp suất điều chỉnh trước



Hình 3: Van chỉnh lưu có thể điều chỉnh được



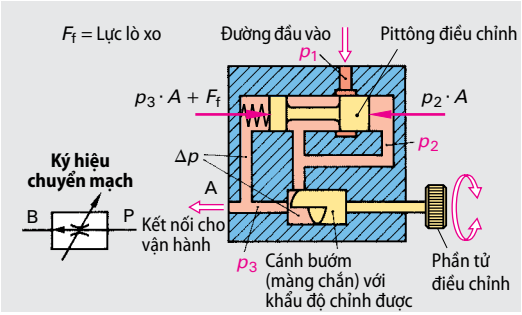
Hình 4: Đặc điểm của van tiết lưu

Vì vậy van tiết lưu chỉ được sử dụng khi tải của pittông ít thay đổi hay khi việc thay đổi tốc độ của pittông trong điều kiện tải đổi chiều có thể chấp nhận được. Ống dẫn có đường kính nhỏ cũng tác động như van tiết lưu. Thí dụ, chúng được lắp trước áp kế nhằm bảo vệ áp kế trước áp suất va đập trong thiết bị thủy lực.

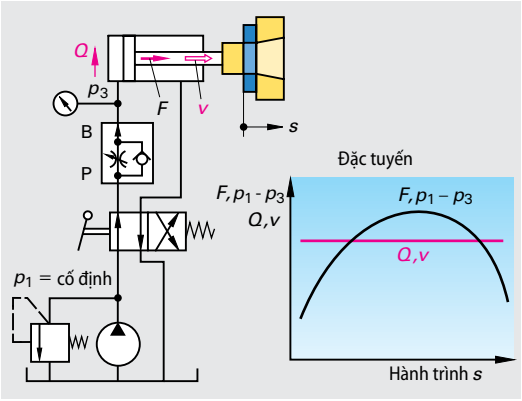
Van chỉnh lưu.

Trong van chỉnh lưu có một cánh bướm (màng chắn, cục ga) với khẩu độ chỉnh được và một pittông điều chỉnh (**Hình 1**). Chúng duy trì sự chênh lệch áp suất tại màng chắn độc lập với áp suất tại vị trí đấu nối *P* và B, do đó duy trì lưu lượng không đổi. Thí dụ, khi áp suất tại điểm đấu nối B bị giảm trong khi áp suất p_1 không thay đổi, dầu sẽ chảy qua van nhiều hơn. Tuy vậy áp suất giảm dần p_3 giải thoát phía bên trái của pittông điều chỉnh. Pittông di chuyển về phía trái. Tại khe đầu vào của pittông điều chỉnh trở nên hẹp hơn. Áp suất p_2 giảm cho đến khi khôi phục chênh lệch áp suất $p_2 - p_3$ tại cánh bướm. Pittông điều chỉnh tác động theo kiểu cân bằng áp suất. Lưu lượng, và qua đó là vận tốc, của pittông trở nên độc lập và không đổi với tải pittông (**Hình 2**). Độ lớn của dòng lưu lượng có thể thay đổi bằng cách chỉnh tiết diện của cánh bướm.

Van chỉnh lưu duy trì lưu lượng không đổi, độc lập với sự thay đổi tải trong xi lanh kết nối.



Hình 1: Van chỉnh lưu



Hình 2: Hoạt động của van chỉnh lưu

■ Van tỷ lệ

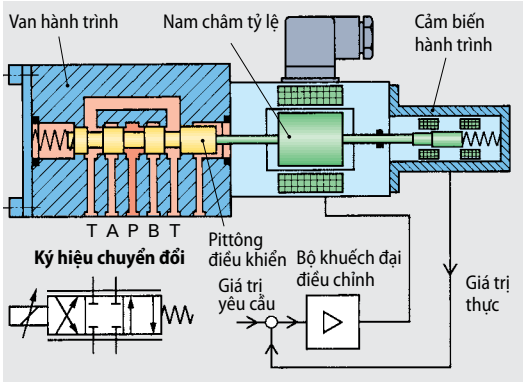
Các van hành trình, van lưu lượng và van áp suất, được coi là van tỷ lệ nếu trong đó đại lượng đầu vào dạng analog (tương tự) hoặc digital (số) của tín hiệu điện tác động tương ứng (tỷ lệ) với tín hiệu thủy lực ở đầu ra.

Vì thế, chẳng hạn như trong van hành trình tỷ lệ (**Hình 3**), nam châm tỷ lệ đẩy pittông điều chỉnh và qua đó mở dòng lưu lượng *Q* tương đương với cường độ dòng điện đã được hiệu chỉnh. Như thế cường độ dòng điện *I* trong cuộn dây và lưu lượng *Q* chảy qua van hành trình là tỷ lệ với nhau.

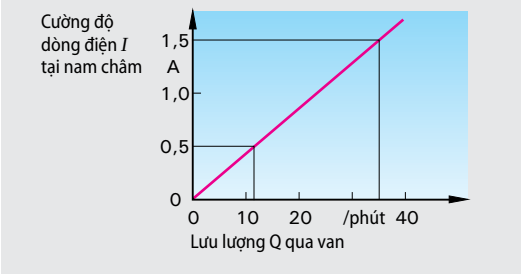
Thí dụ: (**Hình 4**) $I = 0{,}5$ A $\Rightarrow Q = 12$ l/phút
$I = 1{,}5$ A $\Rightarrow Q = 36$ l/phút

Thông qua cảm biến hành trình và bộ điều chỉnh khuếch đại, vị trí chiếm giữ của pittông trong van được so sánh với giá trị yêu cầu và nếu cần thiết sẽ được hiệu chỉnh.

Van tỷ lệ được dùng để tăng tốc nhẹ, hãm xi lanh và động cơ thủy lực, đồng thời điều chỉnh liên tục (vô cấp) áp suất và lưu lượng dòng chảy.



Hình 3: Van hành trình tỷ lệ



Hình 4: Đường biểu diễn đặc trưng của một van hành trình tỷ lệ

6.4.1.5 Ống thủy lực

Các cầu kiện thủy lực được kết nối với nhau bằng ống cứng và ống mềm.

■ Ống và bộ nối ống (khớp ren nối ống)

Ống: Đa số ống thủy lực thông dụng là loại ống thép chính xác kéo láng kim loại không hàn. Đường kính ngoài d_a, nơi chịu sự tác động của khớp ren nối ống, có dung sai nhỏ. Đường kính trong d_i được chọn theo lưu lượng dòng Q, chiều dày thành ống *s*, áp suất vận hành cho phép $p_{zul.}$. Vì thế ống được ghi theo đường kính ngoài d_a và chiều dày thành ống *s*, thí dụ ống 12 x 2 (**Bảng 1**).

Ống được uốn trên gá uốn. Bán kính tối thiểu của góc uốn tùy thuộc đường kính ống. Trước khi vặn ren, góc uốn phải được chỉnh chính xác.

Khớp ren nối ống kết nối ống và ống mềm với các phần tử trong hệ thống thủy lực. Thông thường người ta sử dụng khớp ren nối ống bằng vòng cắt (vòng lót, nhẫn cắt) (**Hình 1**) và ren kiểu uốn cạnh. Trong khớp ren vòng cắt, khi siết đai ốc nối cho vòng cắt bị ép vào bên trong chốt hình côn. Qua đó vòng cắt sẽ cắt vào ống, ép ống vào bề mặt phẳng của đấu nối và làm kín mối ghép ống. Vì thế cạnh cuối của ống phải được cắt thẳng góc với trục ống. Ren kết nối phụ thuộc vào đường kính ngoài của ống.

Ren được làm theo kiểu ren hệ Anh (Whitworth) hoặc ren nhuyễn hệ mét, thí dụ G 1/8 hoặc M 12 x 1. Vì các ren này không kín do đó phải được bịt kín bổ sung với vòng đệm kín, hoặc sử dụng chất lỏng hoặc nhựa dẻo làm kín thích hợp.

Người ta phân biệt kết nối ren thẳng, ren góc và ren hình T (**Hình 2**). Nếu cần lắp ống theo góc xác định, cần sử dụng loại kết nối xoay (**Hình 3**). Nếu bộ phận đứng yên kết nối với bộ phận quay thì phải sử dụng kiểu **kết nối quay** (**Hình 4**).

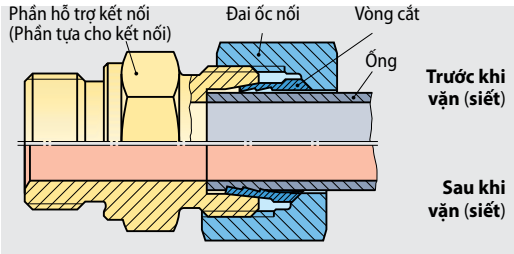
■ Khớp nối nhanh (Khớp ly hợp đóng nhanh)

Khi sử dụng các ống thủy lực cần tháo – lắp thường xuyên, chẳng hạn trong các thiết bị đo đạc, có thể dùng loại khớp nối đóng nhanh (**Hình 1, Trang 504**). Bộ khớp nối này gồm đầu nối ly hợp và khớp vặn cắm vào. Chúng khóa đấu nối trong khi tháo gỡ ống mềm do các phần tử khóa bị ép lên đế bằng lò xo.

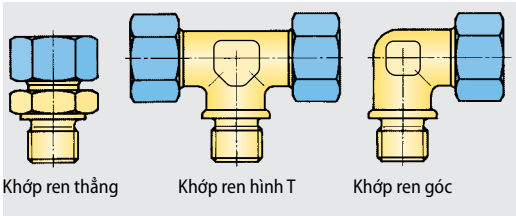
Bảng 1: Ống thủy lực

$d_a \cdot s$ mm · mm	d_i mm	p_{zul} bar	$\dot{O}^{1)}$ l/min
8 x 1	6	300	7
8 x 2	4	550	3
12 x 1	10	230	19
12 x 2	8	400	12
20 x 2	16	250	48
20 x 3	14	350	37
25 x 2	21	220	83
25 x 3	19	340	68

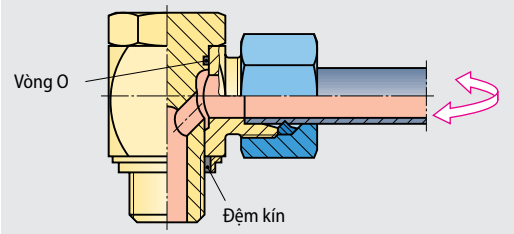
1) Ở vận tốc lưu lượng $v = 4$ m/s



Hình 1: Khớp ren nối bằng vòng cắt



Hình 2: Khớp nối ren bằng ốc (Ốc liên hợp)



Hình 3: Khớp ren nối xoay

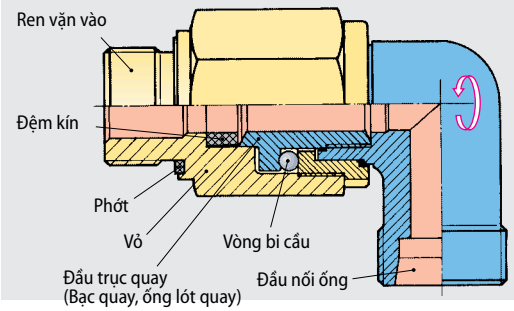
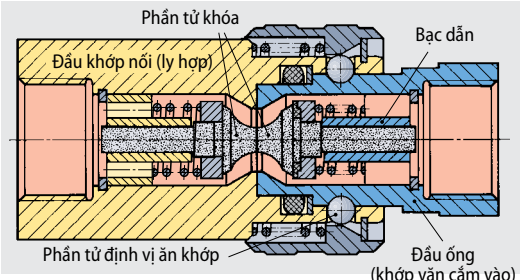


Bild 4: Kết nối xoay

Qua đó dầu vẫn được giữ lại trong xi lanh, động cơ thủy lực, hoặc đường ống khi tháo khớp nối ra. Không khí cũng không lọt vào được để sau đó phải được loại bỏ. Các khóa sẽ tự mở khi ấn khớp nối vào. Phần tử khóa trong nắp khớp nối và núm ấn ép theo hai chiều ngược nhau.

Ống và ống mềm kết nối các đấu nối ren và khớp nối với các phần tử trong hệ thống thủy lực.

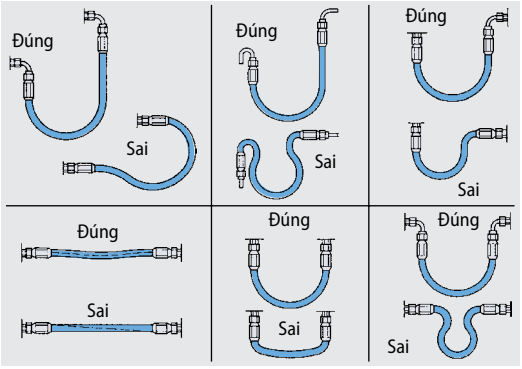


Hình 1: Khớp nối đóng nhanh, được tác động

■ Ống mềm

Các phần tử thủy lực có thể di chuyển phải được kết nối với nhau bằng ống mềm. Ống mềm được làm bằng chất dẻo chịu được dầu và được tăng cường bằng bố và kim loại dệt. Tại hai cuối đầu ống có trang bị bộ đỡ bằng kim loại, ngoài ra còn có một khúc ống để kết nối ống với các phần tử ren khác.

Khi lắp đặt ống cần lưu ý là phải có đủ chỗ cho bán kính uốn lớn và không gian đủ rộng cho chuyển động (**Hình 2**).



Hình 2: Bố trí ống dẫn mềm

6.4.2 Điều khiển điện thủy lực

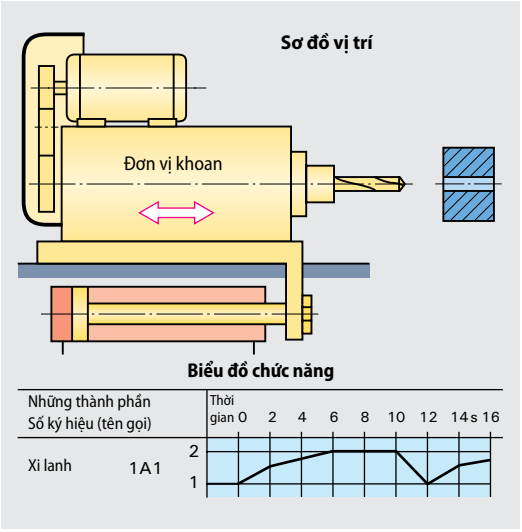
Điều khiển bằng thủy lực với van hành trình tác động bằng điện được gọi là điều khiển điện thủy lực. Chúng bao gồm phần lớn hệ điều khiển máy móc. Ngược lại van hành trình điều khiển bằng tay phần lớn được sử dụng trong thủy lực cơ động (di động, lưu động). Người ta gọi thủy lực trong xe là thủy lực cơ động, thí dụ như trong máy làm đường và máy xây dựng ngầm dưới đất.

■ Điều khiển điện thủy lực trên đơn vị khoan

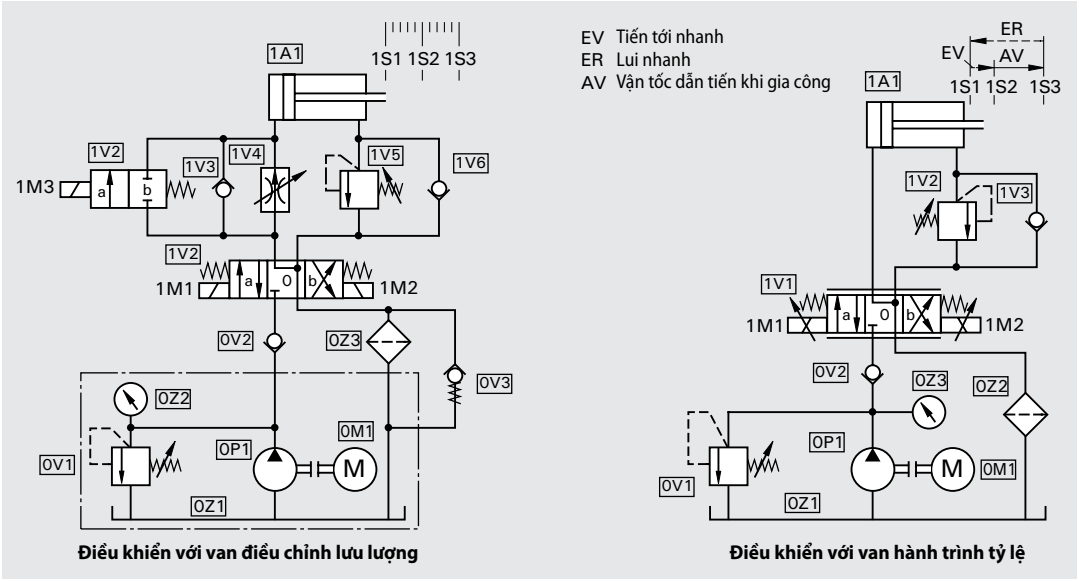
Đơn vị khoan (**Hình 3**) cần điều khiển theo quy trình chuyển động sau đây:

- Giữ ở vị trí ban đầu phía trái
- Di chuyển nhanh đến trước chi tiết
- Khoan với vận tốc bước dẫn tiến
- Trở lui về vị trí ban đầu với vận tốc nhanh

Có thể thực hiện điều khiển thông qua van chỉnh lưu (**Hình 1, Trang 505, hình trái**) hoặc van tỷ lệ (**Hình 1, Trang 505, hình phải**). Nếu điều khiển với van chỉnh lưu, van này được sử dụng để chỉnh vận tốc dẫn tiến. Đối với chuyển động tới nhanh, hệ điều khiển đi vòng qua van hành trình 2/2 (1V6) và đối với chuyển động lui nhanh, sẽ vòng qua van một chiều (1V5). Khi điều khiển bằng van tỷ lệ, tất cả các vận tốc đều được điều chỉnh với van này. Đối với chuyển động tới và lui nhanh, pittông điều chỉnh của van hành trình tỷ lệ mở thông hoàn toàn. Đơn vị khoan chạy với vận tốc suy giảm đến vị trí cuối khi van hành trình tỷ lệ gần như được đóng lại.



Hình 3: Sơ đồ vị trí và biểu đồ chức năng của đơn vị khoan

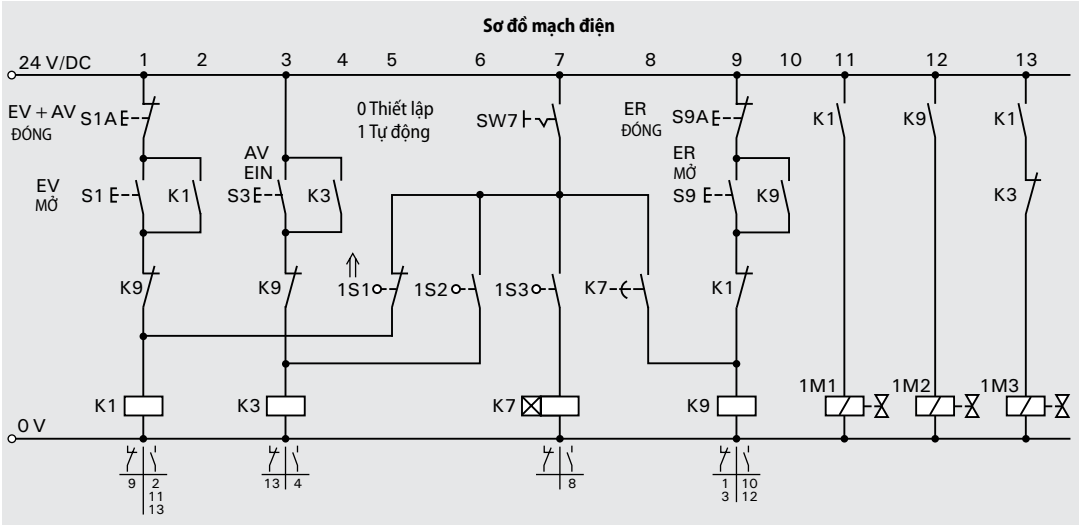


Hình 1: Điều khiển đơn vị khoan với van điều chỉnh lưu lượng và với van hành trình tỷ lệ

Đối với điều khiển sử dụng van hành trình tỷ lệ, số lượng các phần tử thủy lực nhỏ hơn so với điều khiển bằng van điều chỉnh lưu lượng. Nếu sử dụng van tỷ lệ cần phải dùng hệ điều khiển điện cho van tỷ lệ. Tại từ trường tỷ lệ, phải có điện áp có thể thay đổi được. Từ trường được tạo ra tác động lên pittông điều chỉnh của van hành trình 4/3 theo các vị trí đóng mở khác nhau.

Có thể hủy bằng tay từng chuyển động trên máy khoan, khi đó phải chỉnh công tắc SW7 vào vị trí "0". Trong chế độ vận hành này, có thể sử dụng nút công tắc S1, S3 và S9 để hủy chuyển động tới nhanh (EV), vận tốc dẫn tiến (AV) và chuyển động lui nhanh (ER) một cách riêng rẽ và làm gián đoạn với S1A và S9V (**Hình 2**).

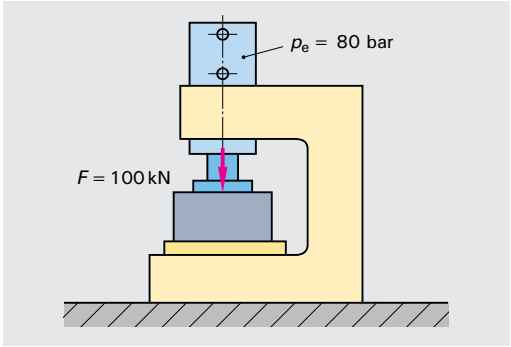
Với công tắc SW7 ở vị trí "1", quá trình tự động có thể tiếp nối. Sơ đồ mạch điện (Hình 2) minh họa các chế độ vận hành trong phần điều khiển. Trong phần điện của sơ đồ mạch điện, công tắc thường mở phụ (công tắc đóng phụ) K1, K9 v.v... điều khiển van từ tính của phần thủy lực.



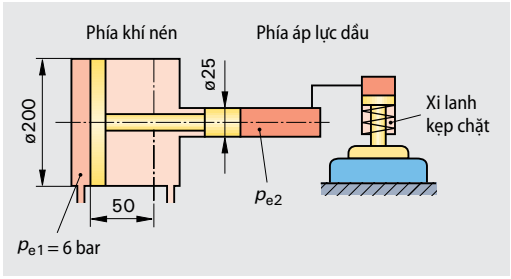
Hình 2: Sơ đồ mạch điện điều khiển đơn vị khoan với van chỉnh lưu

Ôn tập và đào sâu

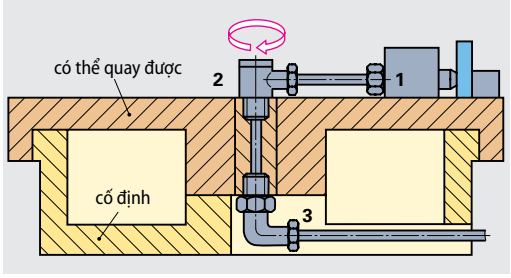
1. Chất lỏng thủy lực (dầu thủy lực) có nhiệm vụ gì?
2. Hãy nêu sự khác biệt giữa truyền động sử dụng bơm cố định và bơm thay đổi?
3. Cấu tạo bình chứa thủy lực?
4. Khi nào thì sử dụng van hành trình điều khiển trước?
5. Công dụng của van một chiều có thể mở khóa được?
6. Van chỉnh lưu và van tiết lưu khác nhau như thế nào?
7. Máy ép thủy lực hoạt động với áp suất p_e = 80 bar, cần tạo ra một lực pittông hữu dụng F = 100 kN (**Hình 1**).
   a. Đường kính xi lanh phải là bao nhiêu, nếu hiệu suất η = 0,92?
   b. Có thể chọn đường kính ti pittông theo một trong các kích thước sau đây: 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 (d = mm).
   c. Xi lanh chạy về với vận tốc bao nhiêu, khi ti pittông chỉ lớn bằng nửa đường kính xi lanh?
8. Bộ chuyển đổi áp suất khí nén và thủy lực (**Hình 2**) được vận hành với áp suất p_{e1} = 6 bar:
   a. Áp suất phía thủy lực là bao nhiêu, nếu bỏ qua tổn thất do ma sát?
   b. Áp suất này là bao nhiêu nếu hiệu suất là 85 %?
   c. Bộ chuyển đổi áp lực cho ra dung tích bao nhiêu khi pittông di chuyển được s = 50 mm?
9. Hãy lập danh mục các phần tử cho điều khiển tốc độ dẫn tiến (Hình 1, Trang 505).
10. Trên bàn quay có chia độ một xi lanh thủy lực cần được cung cấp dầu thủy lực (**Hình 3**). Hãy chọn loại khớp nối ren cho vị trí 1, 2, và 3.
11. Xi lanh trong **Hình 4** có quy trình chuyển động nào và qua đó van có những chức năng nào?
12. Trong khi bảo dưỡng hệ điều khiển (Hình 4), cần phải đóng hoặc mở các van nào?



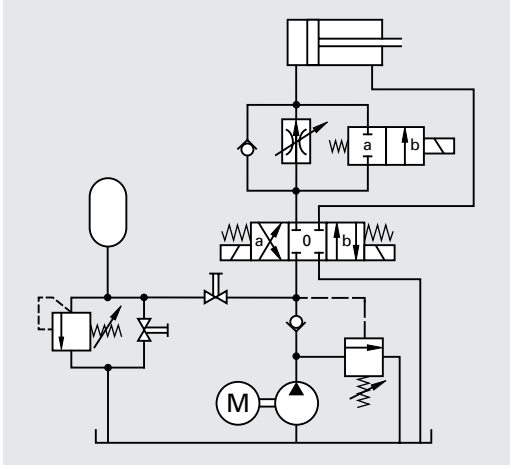
Hình 1: Máy ép thủy lực



Hình 2: Bộ chuyển đổi áp lực



Hình 3: Bàn quay có chia độ



Hình 4: Điều khiển bình thủy lực

6.5 Điều khiển bằng điện

Trong điều khiển bằng điện, có thể chuyển mạch (đóng - mở) động cơ điện hoặc van điện từ bằng các thiết bị điều khiển như công tắc, rơ le hoặc mạch tích hợp (IC).

6.5.1 Cấu tạo

Tùy theo kiểu truyền tín hiệu, người ta phân biệt điều khiển lập trình liên kết với rơ le và công tắc bảo vệ hoặc các linh kiện điện tử (transistor, môđun IC v.v...) hoặc điều khiển lôgic lập trình, trong đó xử lý tín hiệu được thực hiện trong CPU (bộ xử lý trung tâm) với môđun phần mềm.

6.5.2 Thiết bị chuyển mạch điện

Các linh kiện trong hệ điều khiển điện gồm nút ấn, công tắc, cảm biến, rơ le, và bộ ngắt điện. Trong sơ đồ mạch chúng được mô tả bằng ký hiệu chuyển mạch (**Bảng 1**).

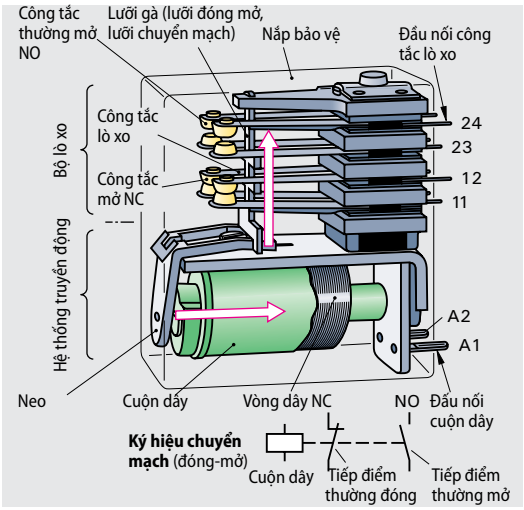
■ Các linh kiện trong hệ điều khiển tiếp xúc bằng điện

Đối với điều khiển tiếp xúc, việc truyền tín hiệu được thực hiện qua chuyển mạch với công tắc điện, bằng điện từ với rơ le (**Hình 1**) hoặc bằng tay với công tắc và nút ấn.

Công tắc và nút ấn. Chúng được tác động bằng tay hoặc cơ khí, thí dụ như bằng ti pittông của xi lanh. Tiếp điểm của chúng được bố trí sao cho khi được tác động sẽ mở (**tiếp điểm thường đóng - NC**) hoặc đóng (**tiếp điểm thường mở - NO**). Sự phối hợp giữa tiếp điểm thường đóng và thường mở là một **công tắc chuyển đổi** (**công tắc 2 vị trí**).

Nút ấn sau khi được thả ra sẽ trở lại vị trí ban đầu thông qua lực lò xo, trong khi công tắc vẫn ở lại vị trí chuyển mạch của chúng.

Cảm biến (**công tắc tiệm cận**) chuyển mạch (đóng-mở) khi tiến đến gần một cơ phận máy hoặc chi tiết mà không tiếp xúc cơ học, bao gồm cảm biến từ, cảm biến cảm ứng, cảm biến điện dung và cảm biến điện quang (Trang 470).
Chúng có kích thước nhỏ, không bị mài mòn và có vận tốc đóng mở nhanh, và được ký hiệu là "**B**" trong sơ đồ mạch.
Bảng 2 liệt kê các ký hiệu chuẩn hóa thông dụng của thiết bị làm việc và dây dẫn điện trong các sơ đồ mạch điện.



Hình 1: Rơ le

Bảng 1: Ký hiệu chuyển mạch điện

Thiết bị làm việc	Ký hiệu chuyển mạch	Thiết bị làm việc	Ký hiệu chuyển mạch
Nút tác động bằng tay		Công tắc dừng khẩn cấp (Vị trí nghỉ)	
Nút tác động bằng cách ấn vào		Công tắc tiệm cận	
Công tắc tác động bằng tay với khắc (rãnh, ngấn)		Công tắc tiệm cận cảm ứng	
Nút tác động bằng con lăn		Rơ le với bộ chuyển đổi	
Nút con lăn tác động tại vị trí ban đầu (tiếp điểm thường mở)		Van dẫn tác động bằng điện từ	

Bảng 2: Ký hiệu của dây dẫn điện và thiết bị

Ký hiệu ngắn	Loại dẫn điện	Ký hiệu ngắn	Thiết bị
L1	Dây dẫn bên ngoài 1	Q, K	Bộ ngắt điện, rơ le
L2	Dây dẫn bên ngoài 2	S	Công tắc, nút
L3	Dây dẫn bên ngoài 3	M1	Động cơ
N	Dây dẫn trung tính	P	Thiết bị báo
PE	Dây dẫn bảo vệ	1M1	Thiết bị tác động bằng điện, thí dụ: van điện từ
B	Cảm biến tiệm cận		

Rơ le và bộ ngắt điện. Công tắc tiếp xúc tác động bằng điện từ được gọi là rơ le và bộ ngắt điện. Với rơ le, người ta có thể mở các thiết bị điện có công suất đến 1 kW, với bộ ngắt điện cho công suất lớn hơn. Nói chung, các rơ le và bộ ngắt điện có nhiều công tắc thường đóng và thường mở, tất cả có thể được tác động cùng lúc. Chúng thường được sử dụng trong xử lý tín hiệu (**Hình 1**).

Nhiệm vụ của rơ le và bộ ngắt điện

- **Điều khiển từ xa** cho các thiết bị điện
- **Khuếch đại** tín hiệu điều khiển cho mạch điện chính
- **Nhân tín hiệu lên nhiều lần** bằng các công tắc thường đóng và thường mở khác nhau
- **Đảo tín hiệu** bằng công tắc thường đóng và thường mở
- **Liên kết lôgic** của các tín hiệu
- **Lưu** tín hiệu với mạch tự giữ

Rơ le và bộ ngắt điện có thể đồng thời điều khiển nhiều mạch điện.

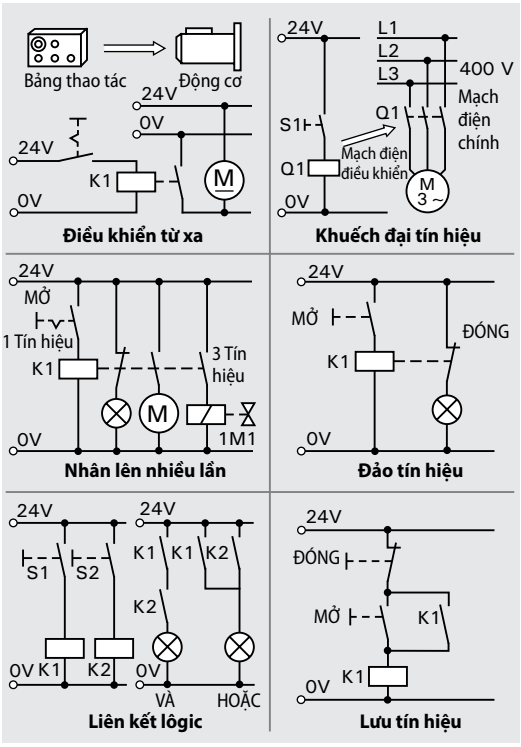
Ký hiệu đấu nối ở rơ le (**Hình 2**). Dòng điện chạy qua cuộn dây của rơ le K1, khi mạch dẫn điện đóng. Đấu nối của cuộn dây được ký hiệu là A1 và A2. Các công tắc thường mở được tác động bằng lưỡi gà (đóng-mở), với ký hiệu là 3 và 4, công tắc thường mở có số 1 và 2.

Khi có nhiều tiếp điểm thường mở hoặc thường đóng trên một rơ le, những tiếp điểm này được ghi theo số thứ tự 1, 2, 3, 4...

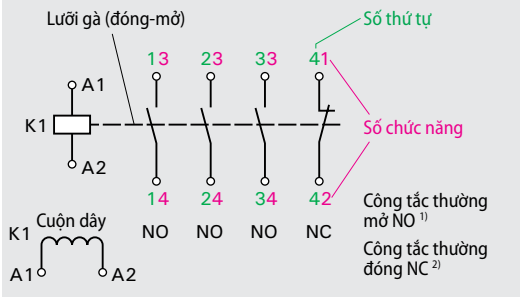
Bộ ngắt điện chính (**Hình 3**). Cổng của bộ ngắt điện chính A1 và A2 nối với L1 (dây bên ngoài) và N (dây trung tính). Có thể phân biệt các dây này theo màu của chúng. L1 có màu đen hoặc nâu, dây trung tính N có màu xanh sáng. Các dây cách điện được phân biệt với các đấu nối của rơ le được phân biệt theo đường kính lớn hơn của chúng do điện áp đến 230 V.

Các số chỉ tiếp điểm của dây điện chính 1, 2, 3, 4 v.v... có 1 đơn vị (1 con số). Các số chẵn 2, 4, 6 dẫn đến thiết bị tiêu thụ điện, chẳng hạn động cơ điện 3 pha và bảng nối điện tương ứng (T1, T2 và T3). Các số lẻ (1, 3, 5) dẫn đến điện nguồn của lưới điện (L1, L2 và L3). Các tiếp điểm điều khiển (13-14) của bộ ngắt điện được đặt ký hiệu giống như rơ le: Chúng bao gồm 1 số thứ tự và 1 số cho chức năng.

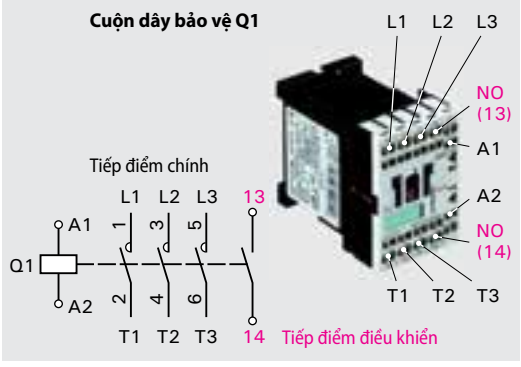
[1] NO: normally open = thường mở (tiếng Anh)
[2] NC: normally closed = thường đóng (tiếng Anh)



Hình 1: Nhiệm vụ của rơ le và bộ ngắt điện



Hình 2: Ký hiệu đấu nối trên một rơ le



Hình 3: Bộ ngắt điện chính với các ký hiệu đấu nối cho tiếp điểm điều khiển và tiếp điểm chính

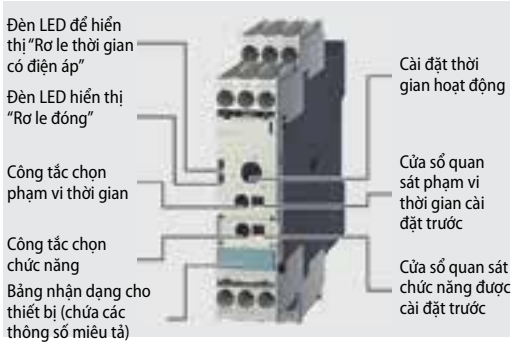
■ Công tắc điện từ phụ thuộc thời gian

Công tắc điện từ phụ thuộc thời gian trong kỹ thuật điều khiển được gọi là rơ le thời gian hay rơ le định thời (**Hình 1**). Chúng có một cổng kết nối đến điện áp nguồn A1 - A2 và công tắc thường mở, công tắc thường đóng hoặc cả bộ chuyển đổi được tác động trễ (chậm).

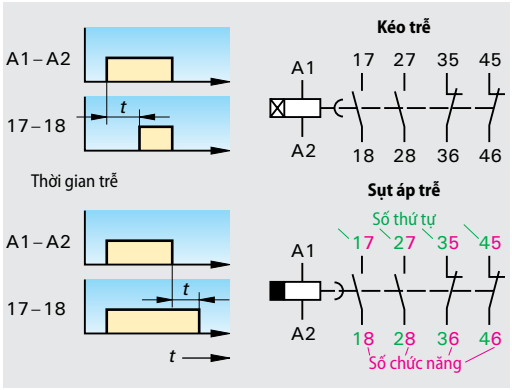
Rơ le thời gian trong kỹ thuật điều khiển thường bao gồm trước hết giữa rơ le kéo trễ và rơ le sụt áp trễ (**Hình 2**).

Rơ le kéo trễ (**chậm**) chỉ đóng lại sau thời gian "t" đã được chỉnh trước theo công tắc thường mở hoặc công tắc thường đóng tương ứng. Các công tắc này lập tức trở lại trạng thái tín hiệu "0", khi không còn sự tác động của rơ le thời gian. Đối với **rơ le sụt áp trễ** (**chậm**), công tắc thường đóng hoặc thường mở được tác động ngay lập tức. Khi điện áp giảm nhanh tại các cổng A1 – A2 quá trình sụt áp bắt đầu: chỉ sau thời gian đã chỉnh trước tại bộ đo điện thế quay (điều chỉnh điện trở) công tắc thường mở và công tắc thường đóng mới trở về trạng thái ban đầu của chúng.

Thời gian tác động công tắc thường đóng và thường mở tại lưới gà được ký hiệu bằng hình bán nguyệt ("cây dù"). Cũng cần lưu ý là việc đặt ký hiệu cho chức năng của công tắc thường mở 7-8 và chức năng của công tắc thường đóng 5-6 khác với rơ le thông thường.



Hình 1: Rơ le thời gian với các chức năng thời gian khác nhau

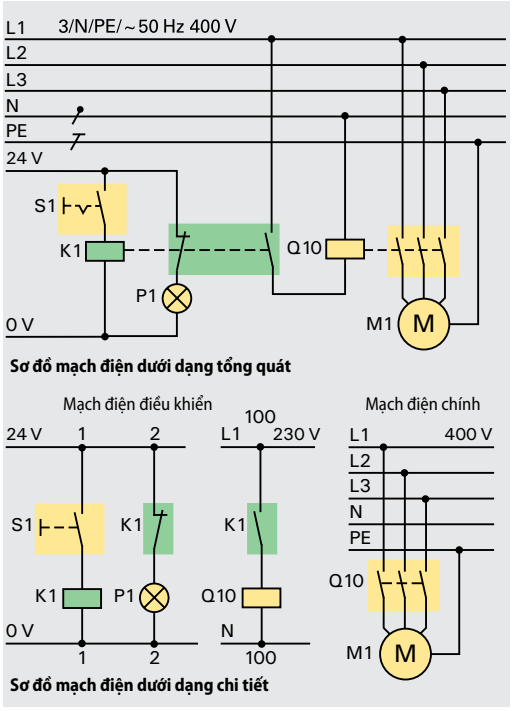


Hình 2: Rơ le kéo trễ và rơ le sụt áp trễ

6.5.3 Điều khiển công tắc bằng điện

Mô tả. Điều khiển công tắc bằng điện được mô tả trong sơ đồ mạch điện, sử dụng các biểu tượng và các ký hiệu chuẩn hóa (**Bảng 1 và 2**, Trang 507). Ở sơ đồ mạch điện với cách mô tả tương quan (tổng quát) người ta nhận biết được sự phụ thuộc vào nhau của từng linh kiện. Sơ đồ mạch điện với cách mô tả chi tiết sẽ cho thấy một cái nhìn rõ ràng hơn (**Hình 3**).

Chiều dẫn điện trong kỹ thuật điều khiển thường là dòng điện được dẫn từ trên (24 V/+) qua dây điện xuống dưới (0 V/-). Tất cả các thiết bị đóng mở được đặt song song với đường dây dẫn điện. Những thiết bị này và các phần tử khác đều có ký hiệu thống nhất để có thể nhận biết trong các mạch điện khác nhau. Thiết bị (phương tiện sản xuất) được vẽ trong tình trạng ban đầu của hệ điều khiển. Trong nhiều trường hợp có thể tách mạch điều khiển điện có chứa rơ le ra khỏi mạch điện chính có kết nối với các bộ điều chỉnh và động cơ công suất lớn.



Hình 3: Các loại sơ đồ mạch điện

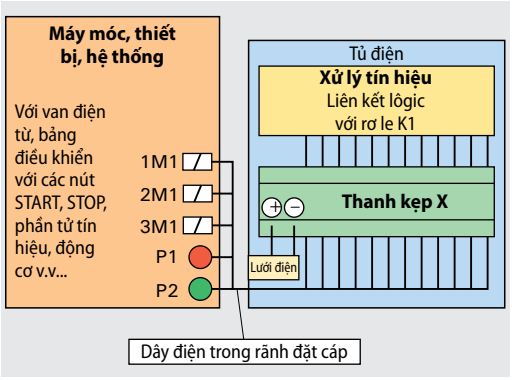
6.5.4 Đấu nối dây với thanh kẹp

Đối với hệ thống điều khiển bằng điện - khí nén hoặc điều khiển lập trình với đấu nối dây riêng rẽ có thể sử dụng các thanh kẹp được lắp đặt trực tiếp trên máy móc hoặc đưa vào trong tủ điện (**Hình 1**).

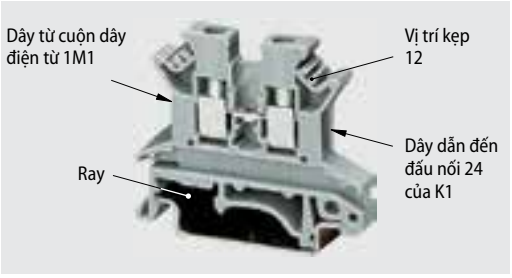
Mục đích là giảm giá thành đấu nối dây, dễ dàng phát hiện lỗi và sửa chữa nhanh. Có thể dễ dàng tháo và thay thế các phần tử hư hỏng trên thanh kẹp.

Kết cấu (**Cấu tạo**) **kẹp**. Dây thứ nhất của hệ điều khiển được dẫn đến phía trái của thanh, thí dụ đầu dây của cuộn dây trên van điện từ 1M1. Người ta vặn ốc kẹp dây được cách điện vào trên thanh kẹp. Dây thứ hai được dẫn đến phía bên phải, thí dụ đến cổng thường mở 24 của rơ le K1 (**Hình 2**). Kẹp nối được đánh số, thí dụ với số 12. Các kẹp nối cạnh nhau được cách điện và được nối với nhau qua mạch cầu, thí dụ kẹp nối 7-8 (**Hình 4**).

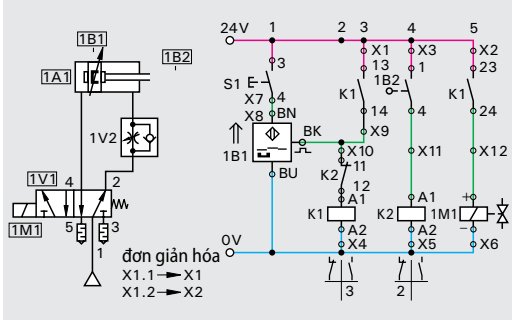
Sơ đồ đấu nối kẹp. Vị trí đấu nối kẹp được trình bày trong sơ đồ mạch điện và danh mục vị trí kẹp (Hình 4). Bắt đầu từ phía trái của sơ đồ mạch điện người ta điền vào danh mục vị trí tất cả phần tử có điện áp dương với 24 V và đấu nối từ số 1 đến 3. Tương tự, quy trình này được thực hiện với điện áp âm. Sau đó các phần tử được đấu vào kẹp nối trên các đường dây điện riêng rẽ từ 1 đến 5, thí dụ S1 trên kẹp số 7 và 1B1 trên kẹp số 8. Tại đây cũng phải đấu nối mạch cầu. Trên đường dây điện thứ hai, **không** nối K2 với cổng 12 và K1 với cổng A1 trên thanh. Sự kết nối này được đấu trực tiếp. Đường dòng điện số 5 kết thúc danh mục vị trí kẹp nối. Sau đó kẹp có số X1 đến X12 được điền vào sơ đồ mạch điện (**Hình 3**). Khi sử dụng nhiều thanh kẹp, thì chúng được đánh số thứ tự liên tiếp nhau. Đối với các sơ đồ mạch thiết kế trên máy tính, danh mục vị trí này sẽ được tạo ra một cách tự động.



Hình 1: Cấu tạo theo nguyên tắc của tủ điện



Hình 2: Kẹp đơn số 12 trên ray hình nón



Hình 3: Thí dụ về điều khiển bằng điện - khí nén

	Mục đích		Cấu kết nối	Kẹp số X... 1	Mục đích	
	Ký hiệu cấu kiện	Ký hiệu đấu nối			Ký hiệu cấu kiện	Ký hiệu đấu nối
Mạng điện (+)	24V	+		1	K1	13
	S1	3		2	K1	23
	1B2	1		3		
Mạng điện (−)	0V	—		4	K1	A2
	1B1	BU		5	K2	A2
	1M1	—		6		
Đường dây 1	S1	4		7		
	1B1	BN		8		
Đường dây 2+3	1B1	BK		9	K1	14
				10	K2	11
Đường dây 4	1B2	4		11	K2	A1
Đường dây 5	1M1	+		12	K1	24
	Tất cả cấu kiện của hệ điều khiển			13	Chỉ có rơ le	
				14		
				15		
				16		
				17		
				18		
				19		
				20		

Hình 4: Danh mục vị trí kẹp nối

6.6 Điều khiển lôgic lập trình

Trong điều khiển lôgic lập trình (PLC), lôgic trình tự (diễn biến) điều khiển được thực hiện theo chương trình trong hệ điều khiển. Trong đó:

- Tín hiệu từ cảm biến hoặc nút, chẳng hạn S0, S1, S2,... được thu thập và truyền đến các cổng vào.
- Tín hiệu được liên kết lôgic với nhau
- Kết quả liên kết được truyền đến cổng tín hiệu ra, chẳng hạn van điện từ 1M1.

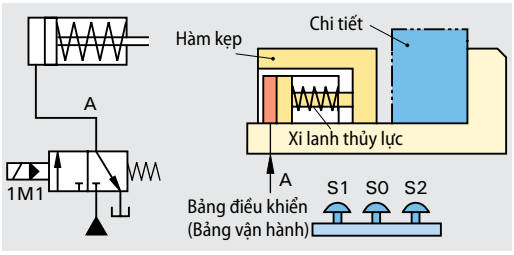
Trong điều khiển lôgic lập trình (PLC), trình tự điều khiển được quy định bằng chương trình (phần mềm).

Ngược lại, khi quá trình điều khiển chỉ được xác định bởi kết nối dây giữa các linh kiện thì được gọi là **điều khiển kết nối** (**cố định**) **được lập trình**, gồm cả điều khiển điện và điều khiển khí nén.

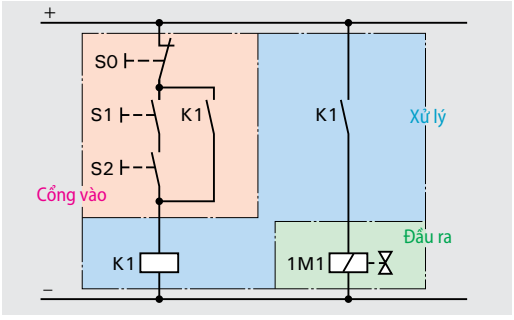
Xi lanh của ê tô (bàn kẹp) được điều khiển thông qua van hành trình điện từ 3/2 (**Hình 1**). Hàm kẹp đóng khi nhấn đồng thời cả hai nút S1 và S2. Khi tác động nút S0, hàm kẹp sẽ mở trở lại.

- Trong điều khiển kết nối (cố định) được lập trình, sự kết nối AND (lôgic VÀ) của hai tín hiệu cổng vào được thực hiện bằng cách mắc nối tiếp các nút S1 và S2 (**Hình 2**).
- Ngược lại, trong điều khiển lôgic lập trình, tín hiệu của nút S1 và S2 được kết nối bằng lệnh AND (VÀ) trong chương trình của bộ điều khiển lôgic lập trình (**Hình 3**).

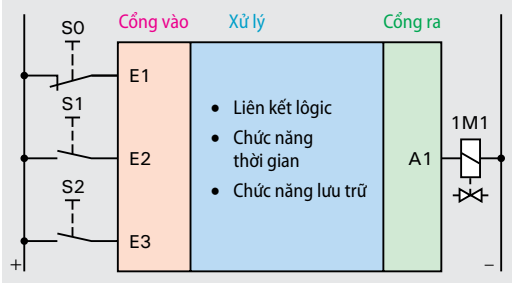
Cả hai kiểu điều khiển đều hoạt động theo nguyên lý NXX (**N**hập – **X**ử lý – **X**uất).



Hình 1: Bàn kẹp thủy lực



Hình 2: Điều khiển kết nối (cố định) được lập trình



Hình 3: Điều khiển lôgic lập trình

6.6.1 Điều khiển lôgic lập trình như là môđun điều khiển nhỏ (môđun lôgic)

Hiện có nhiều loại điều khiển lôgic lập trình, chúng được sử dụng theo kiểu môđun cho các nhiệm vụ điều khiển quy mô nhỏ trong công nghiệp. Điều khiển quy mô nhỏ được sử dụng rộng rãi trong nhà, kỹ thuật lắp đặt, trong máy móc và thiết bị (**Hình 4**).

Điều khiển nhỏ (theo môđun) có chi phí tương đối thấp và có thể cung cấp thư viện mệnh lệnh rất đáng kể. Nhiều khả năng mở rộng các chức năng riêng biệt được tích hợp trong thiết bị, chẳng hạn đếm số lượng, đếm thời gian vận hành, các chức năng thời gian hoặc các khả năng truyền thông với bus ASI [1] hoặc bus EIBE [2]

Hình 4: Môđun điều khiển nhỏ đặt trong tủ điện

[1] ASI (Aktor Sensor Interface): Bus trên tầng tự động hóa thấp nhất
[2] EIBE (Europäischer Installationsbus): Bus cài đặt chuẩn châu Âu

Các đặc trưng tiêu biểu của điều khiển nhỏ theo môđun trong bộ điều khiển lập trình bao gồm:

Nút, công tắc hoặc cảm biến tiệm cận như là các bộ phát lệnh, được nối dây bằng kẹp nối tại cổng vào (**Hình 1**). Các thiết bị cơ bản có tám cổng vào và bốn cổng ra kỹ thuật số (digital). Chúng cung cấp trạng thái tín hiệu lôgic low (thấp) = "0" (sai) hoặc high (cao) = "1" (đúng).

Cổng ra có thể được dùng làm rơ le tiếp xúc cho điện áp 230V.

Các thiết bị hoạt động với điện một chiều 12 V và 24 V có các cổng ra transistor với điện áp 24 V, dòng điện không quá 0.3 A.

Để điều khiển menu và các chương trình nhỏ hơn, người ta có thể sử dụng bốn nút, một nút ESC (thoát) và một nút OK (đồng ý). Màn hình LCD cho phép quan sát trạng thái tín hiệu. Các giao diện RS 232 hoặc USB nối với máy tính giúp việc lập trình, cho phép mô phỏng trước khi sử dụng và sau đó có thể chuyển thông tin đến các thiết bị điều khiển (**Hình 2**). Đối với các thiết bị đời mới, chúng còn có khả năng quan sát trực tuyến trong khi thiết bị đang hoạt động.

Có thể lập trình bằng hai ngôn ngữ:

- **Mô tả chức năng bằng hình khối** (**FBD**)**:** Hình 2 cho thấy các phần tử AND, môđun RS, ba cổng vào và một cổng ra. Ngôn ngữ này còn được gọi là **sơ đồ chức năng**.
- **Trình bày bằng bậc thang** (**LAD**): còn gọi là **sơ đồ công tắc**, LAD là tên gọi tiếng Anh của sơ đồ bậc thang, rất giống với sơ đồ điện (**Hình 3**). Loại trình bày này được ưu tiên sử dụng trong những khu vực nói tiếng Anh.

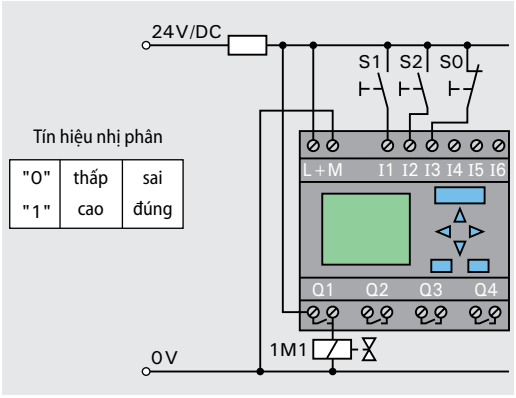
Thí dụ: Mở và đóng cửa ra vào tự động (**Hình 4**)

Hai phòng được ngăn cách bằng cửa đẩy. Cửa di chuyển thông qua xi lanh khí nén. Xi lanh được điều khiển bằng van hành trình 5/2.

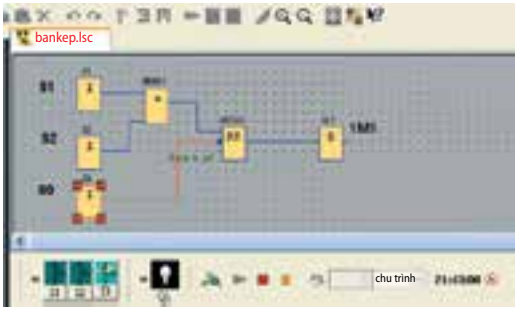
Cửa được mở từ hai phía bằng nút S1 và S2. Công tắc vị trí cuối B1 và B2 báo vị trí hiện tại của cửa. Vì lý do an toàn chúng là những công tắc thường đóng.

Sau 15 giây cửa tự động đóng lại nếu trong phạm vi cửa không có chướng ngại vật. Một chùm ánh sáng theo dõi xem có người hoặc thiết bị hiện hữu trong phạm vi của cửa không. Nếu có, rào ánh sáng có trạng thái tín hiệu là "0".

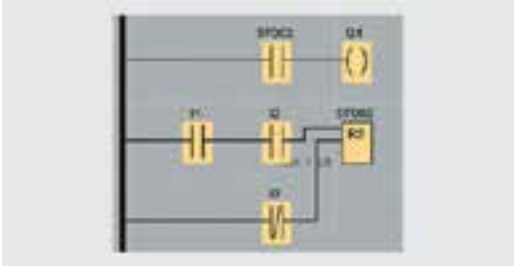
Với công tắc khóa S0 (công tắc thường mở) hệ thống được chuyển sang "sẵn sàng hoạt động". Trên bảng hiển thị của môđun điều khiển hiện lên dòng chữ "Cửa mở".



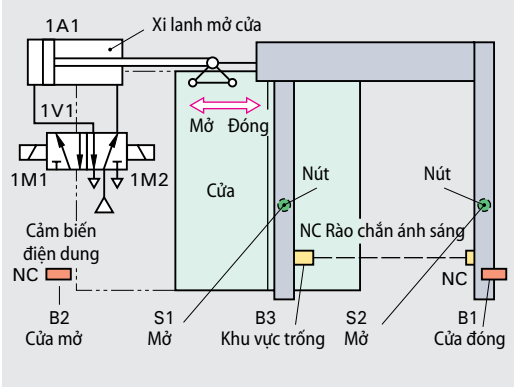
Hình 1: Đấu dây cho cổng vào và cổng ra của môđun hệ điều khiển



Hình 2: Mô phỏng điều khiển bàn kẹp trên máy tính cá nhân



Hình 3: Sơ đồ công tắc trong môđun điều khiển



Hình 4: Sơ đồ công nghệ của một cửa ra vào

Lập bảng phân bố vị trí (Bảng 1):

Phần tử chỉnh 1V1 cho xi lanh thủy lực được 1A1 điều khiển bằng hai van điện từ 1M1 và 1M2 (**Hình 1**), người ta chọn kiểu điều khiển môđun với tám cổng vào digital và bốn cổng ra rơ le.

Bảng phân bố vị trí nêu rõ các phần tử, gán chúng vào các địa chỉ cổng vào và cổng ra của bộ điều khiển lập trình. Các ổng vào (I1, I2 v.v...) và cổng ra (Q1, Q2 v.v...) của bộ điều khiển lập trình là các biến có thể nhận các trạng thái lôgic "1" hoặc "0".

Khi lập trình cần lưu ý, phần tử tín hiệu cổng vào là **thường mở** hay **thường đóng**. Để sau này có thể dễ dàng lập trình hoặc phát hiện lỗi, việc ghi và lưu danh mục phân bố vị trí dưới dạng analog là một công cụ cần thiết.

Sơ đồ đấu dây (**Hình 2**). Sơ đồ điện trình bày ở đây nêu rõ các đấu nối cảm biến và cơ cấu chấp hành với bộ điều khiển lập trình. Các ký hiệu được sử dụng đã được chuẩn hóa và các thiết bị phải phù hợp với danh mục vị trí.

Sơ đồ kết nối tạo thuận lợi cho việc thực hành đấu nối dây.

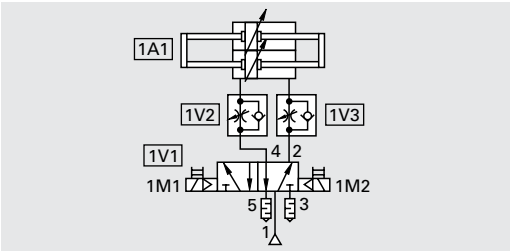
Lập trình

Nhờ phần mềm của môđun điều khiển, có thể thiết lập các giải pháp cho điều khiển lôgic lập trình với sơ đồ chức năng (FBD) (**Hình 3**).

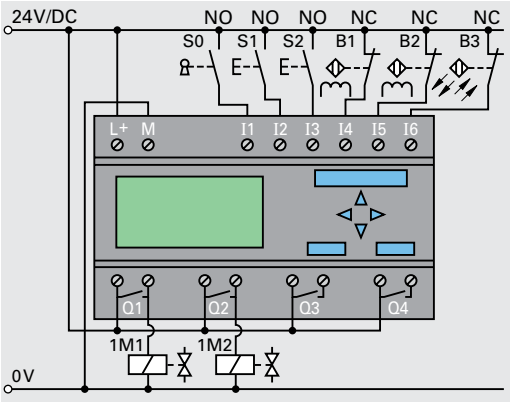
Các tín hiệu B1 và B2 được tác động, hai bộ lưu RS được sử dụng để thiết lập các cổng vào. Chúng được nối với hai bộ lưu tạm M1 và M2, còn được gọi là bộ quan sát, chúng chặn lẫn nhau, vì thế cửa chỉ có thể mở hoặc đóng. Phần tử thời gian B009 tác động mở trễ. Phần tử B004 tương ứng cho dòng chữ "Cửa mở".

Bảng 1: Danh mục vị trí

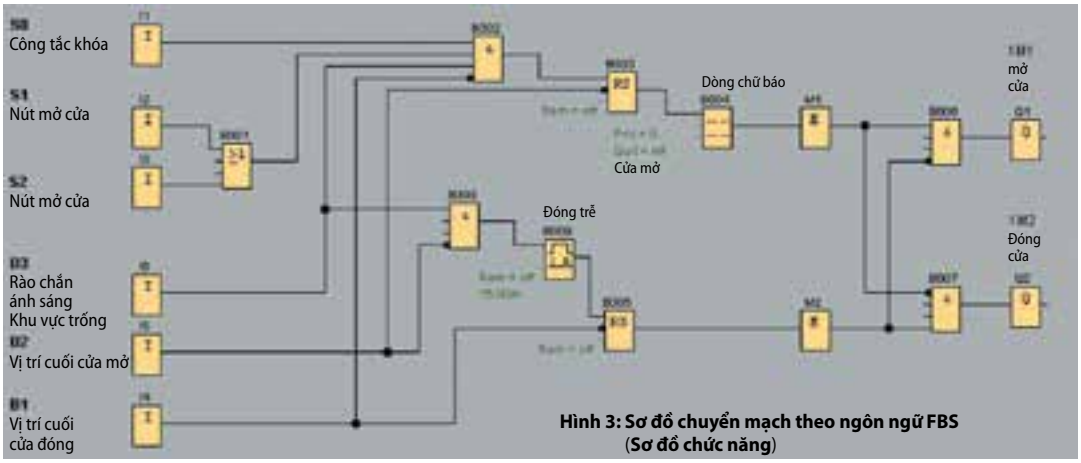
Cấu kiện	Địa chỉ	Ghi chú
S0	I1	Công tắc khóa "sẵn sàng hoạt động", **tiếp điểm thường mở**
S1	I2	Nút "mở cửa", **tiếp điểm thường mở**
S2	I3	Nút "mở cửa", **tiếp điểm thường mở**
B1	I4	Vị trí cuối, "cửa đóng", **tiếp điểm thường đóng**
B2	I5	Vị trí cuối, "cửa đóng", **tiếp điểm thường đóng**
B3	I6	Rào chắn ánh sáng, "Không gian trống", **tiếp điểm thường đóng**
1M1	Q1	Van điện từ "mở cửa"
1M2	Q2	Van điện từ, "đóng cửa"



Hình 1: Sơ đồ khí nén



Hình 2: Sơ đồ đấu nối (Sơ đồ điện)



Hình 3: Sơ đồ chuyển mạch theo ngôn ngữ FBS (Sơ đồ chức năng)

6.6.2 Điều khiển lôgic lập trình như là hệ thống tự động hóa theo môđun

Trong các đề án điều khiển với lôgic lập trình PLC bao quát hơn, những hệ thống môđun được đưa vào sử dụng (**Hình 1**).

6.6.2.1 Cấu tạo của môđun điều khiển lôgic lập trình PLC

Các nhóm linh kiện cơ bản gồm: nhóm thiết bị nhập liệu, đơn vị xử lý trung tâm (CPU) với bộ lưu chương trình và nhóm thiết bị đầu ra. Các nhóm thiết bị được kết nối với nhau qua thanh cắm bus sau thùng máy. Các đầu cắm này tạo ra kênh liên lạc với CPU. Giao diện nối tiếp được sử dụng để lập trình, thí dụ với máy tính cá nhân hoặc máy tính xách tay (laptop).

■ Nhóm nhập dữ liệu: Môđun tín hiệu SM/DE

Nhóm thiết bị này có các đấu nối cho bộ cấp tín hiệu hoặc cảm biến. Tín hiệu số của đầu vào không được truyền trực tiếp vào kết nối phía sau thùng máy, mà bằng bộ kết nối quang (**Hình 2**). Kết nối này cho phép truyền tín hiệu giữa hai mạch điện được mạ riêng rẽ, do đó có thể bảo vệ vòng điều khiển nhạy cảm trước tình trạng quá tải (quá áp).

■ Bộ xử lý trung tâm với bộ nhớ chương trình: CPU

Bộ xử lý được điều khiển thông qua hệ điều hành và có nhiều vùng lưu trữ khác nhau, thí dụ như cho các phần mềm ứng dụng được lưu lại và xử lý. Dung lượng và vận tốc xử lý là những đặc trưng kỹ thuật cơ bản của CPU (**Hình 3**).

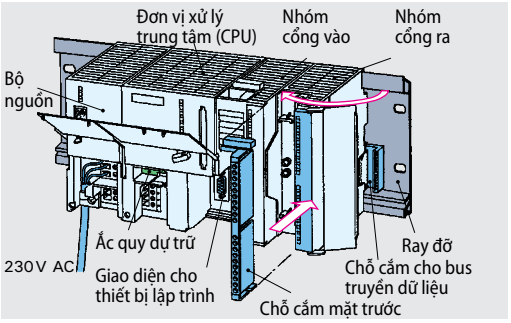
■ Nhóm xuất: Môđun tín hiệu DA

Bộ phát tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển lập trình được kết nối thông qua kết nối quang đến các thiết bị để điều khiển như rơ le, transistor, van từ tính, thiết bị hiển thị và báo.

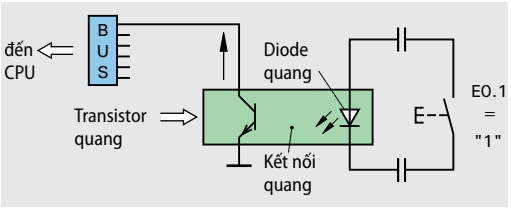
6.6.2.2 Cách vận hành của một môđun điều khiển lôgic lập trình PLC

Sau khi CPU được khởi động bởi hệ điều hành (BESY), biên bản sao chép về quy trình của đầu ra (PAA) được ghi lên cổng ra thực của nhóm thiết bị và tình trạng của cổng vào được ghi vào biên bản sao chép về quy trình của cổng vào (PAE) (**Hình 4**). Khi khởi động hoàn toàn mới, về cơ bản PAA bị xóa.

Sự hình thành các biên bản sao chép về quy trình (**Hình 5**) có ưu thế hơn việc tác động trực tiếp lên cổng vào hoặc cổng ra ở chỗ trong thời gian chu kỳ xử lý chương trình, ta lúc nào cũng có hình ảnh không đổi về tín hiệu xử lý. Khi đang xử lý chương trình, trạng thái tín hiệu trên nhóm thiết bị cổng vào thay đổi, nhưng trạng thái tín hiệu trong ảnh xử lý không thay đổi cho đến khi cập nhật chu kỳ mới của ảnh xử lý.



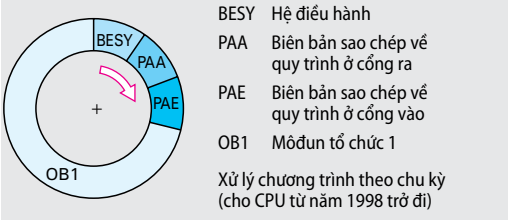
Hình 1: Hệ thống lập trình dạng môđun



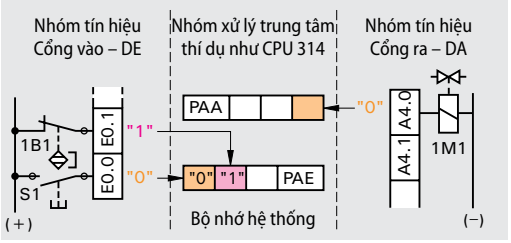
Hình 2: Nhóm cổng vào với kết nối quang

Đặc trưng công suất	312 IFM	313	314	314 IFM	315	315-2DP
Bộ nhớ chính (tích hợp)	6 kByte	12 kByte	24 kByte	24 kByte	48 kByte	
Dung lượng (bộ nhớ lưu trữ) • tích hợp	30 kByte RAM, 30 kByte EEPROM	20 kByte RAM	40 kByte RAM	40 kByte RAM, 40 kByte EEPROM	80 kByte RAM	
• có thể mở rộng với thẻ nhớ	—	đến 512 kByte	đến 512 kByte	—	đến 512 kByte (trong CPU có thể lập trình đến 256 kByte)	
Vận tốc ms/1000 lệnh theo mã nhị phân	khoảng 0,7		khoảng 0,3			

Hình 3:

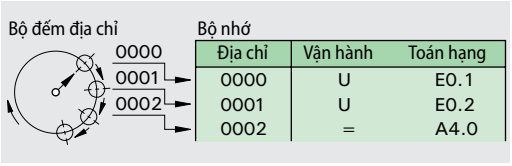


Hình 4: Xử lý chương trình theo chu kỳ cho CPU



Hình 5: Thiết lập biên bản sao chép về quy trình ở cổng vào/cổng ra (PAA/PAE)

Khi có yêu cầu nhiều lần đối với tín hiệu cổng vào trong chương trình ứng dụng, cần phải bảo đảm thông tin không thay đổi và luôn luôn có trong biên bản sao chép về quy trình. Sau khi thiết lập biên bản sao chép về quy trình, chương trình ứng dụng lưu trong môđun tổ chức OB1 được xử lý theo thứ tự, có nghĩa từng dòng một. Bộ đếm địa chỉ bắt đầu đếm từ địa chỉ thấp nhất 0000 và tiếp tục cho đến địa chỉ cuối 0002 (**Hình 1**). Sau đó toàn bộ chu kỳ của bộ điều khiển lập trình bắt đầu lại từ đầu, các cổng ra được cấp tín hiệu trạng thái mới. Nhược điểm của chu kỳ làm việc này là bộ điều khiển lập trình có thể đáp ứng chậm với sự thay đổi tín hiệu cổng vào.



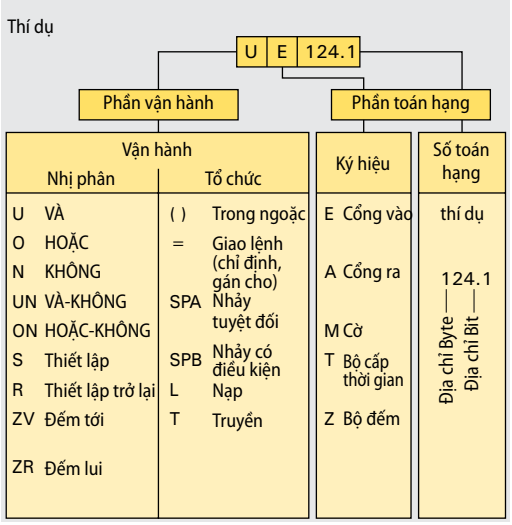
Hình 1: Xử lý chương trình theo chu kỳ

6.6.2.3 Khái quát về lập trình cho bộ điều khiển lôgic lập trình PLC

Bộ điều khiển lập trình chứa chuỗi thứ tự **mệnh lệnh điều khiển** (**Hình 2**).

Trong **phần vận hành** có lưu toàn bộ tập hợp các mệnh lệnh sử dụng một ngôn ngữ lập trình nhất định để cung cấp cho bộ điều khiển lập trình PLC.

Trong **phần toán hạng** có tất cả các tham số của bộ điều khiển lập trình, chẳng hạn cổng vào E, cổng ra A, bộ định giờ T. Đặc biệt là bít nhớ (cờ), thí dụ M 0.1. Các bộ nhớ dạng 1-Bit này được sử dụng để lưu các kết nối tạm. Nếu điện áp của bộ điều khiển lập trình bị đứt đoạn (giảm), trên nguyên tắc những nội dung lưu này sẽ mất đi. Đằng sau **số toán hạng** chứa địa chỉ Byte và Bit, có thể đọc từ cấu hình phần cứng của bộ điều khiển lập trình (**Hình 3**). Đối với bộ điều khiển lập trình CPU 314 IFM, cổng vào có thể có các địa chỉ từ E 124.0 đến 124.7.



Hình 2: Cấu tạo của câu lệnh điều khiển

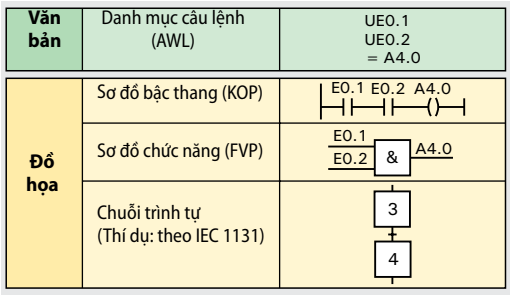
Hình 3: Địa chỉ byte của cấu hình phần cứng

1) Firmware: phần mềm chuyên biệt của công ty (Hàng sụn)

2) (**M**ulti**p**oint **I**nterface: Giao diện nhiều điểm)

■ Các ngôn ngữ lập trình sử dụng trong bộ điều khiển lôgic lập trình

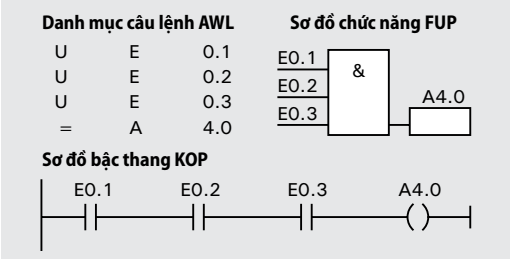
Các chương trình của bộ điều khiển lập trình được viết dưới dạng văn bản hoặc đồ họa. Ở đây người ta phân biệt các ngôn ngữ lập trình như DANH MỤC MỆNH LỆNH (AWL), SƠ ĐỒ BẬC THANG (KOP) và SƠ ĐỒ CHỨC NĂNG (FUP), ngày nay còn được gọi là NGÔN NGỮ CẤU TRÚC CHỨC NĂNG (FBS) cũng như loại ngôn ngữ mô tả trong chuỗi trình tự giống như GRAFCET (**Hình 4**).



Hình 4: Tổng quan về các ngôn ngữ lập trình

Trong **Hình 5,** ba ngôn ngữ lập trình quan trọng nhất được trình bày qua thí dụ với một liên kết đơn giản. Danh mục mệnh lệnh bắt đầu với mệnh lệnh liên kết "**U**" (UND = VÀ). Sau đó những bước điều khiển cần thực hiện (vận hành) được xử lý theo từng dòng một.

Sơ đồ bậc thang (sơ đồ công tắc) gần tương tự như sơ đồ điện, đặc biệt thích hợp với những người quen sử dụng với rơ le và điều khiển bằng bộ ngắt điện.



Hình 5: Thí dụ cho các ngôn ngữ lập trình

Trong ngôn ngữ **Sơ Đồ Chức Năng** [1], chương trình ứng dụng được mô tả bằng các ký hiệu đồ họa đã được chuẩn hóa. Những ký hiệu này là loại ký hiệu lôgic tuân theo tiêu chuẩn công nghiệp DIN EN 60617 (**Bảng 1**).

■ Đấu dây cho bộ điều khiển lập trình PLC

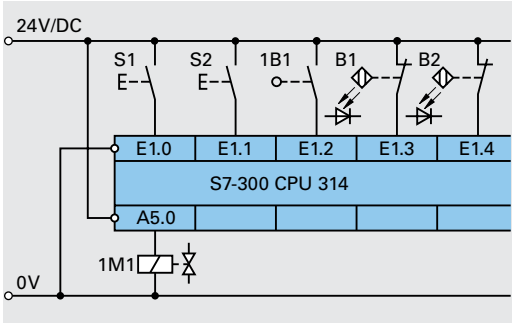
Nút và cảm biến được đấu nối với cổng vào của bộ điều khiển lập trình (**Hình 1**). Về cơ bản thiết bị và máy móc được mở thông qua công tắc thường mở, được gán tín hiệu lôgic "1" và công tắc thường đóng, tín hiệu "0". Trong khi các cơ cấu chấp hành, chẳng hạn van điện từ, đèn báo, hoặc rơ le được đấu nối với cổng ra của bộ điều khiển lập trình PLC.

■ Các chức năng cơ bản của bộ điều khiển lập trình PLC

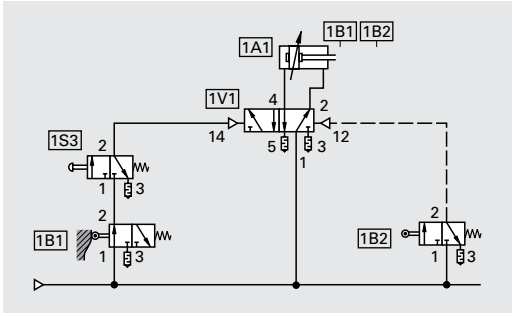
Thí dụ: Pittông khí nén. Pittông khí nén cần được điều khiển thông qua bộ điều khiển lập trình PLC (**Hình 2**). Pittông chạy ra khi dừng ở vị trí cuối phía sau và nút bấm START được ấn. Pittông chạy trở lại sau khi đạt đến vị trí cuối phía trước.

Lập một **bảng ký hiệu**: Nó thay thế cho danh mục bố trí (**Hình 3**).

Cho van xung hành trình 5/2 người ta cần một van điện từ lưỡng ổn, phần tử tín hiệu được thay thế bằng nút nhấn tác động qua điện và đầu dò con lăn. Bảng ký hiệu được nêu trên Hình 3. Ký hiệu cho thiết bị 1B1 trở thành **biểu tượng**, có nghĩa sự mô tả này cho E0.1 cũng được sử dụng trong soạn thảo chương trình.



Hình 1: Đấu nối dây bộ điều khiển lập trình PLC



Hình 2: Sơ đồ khí nén cho một con trượt (pittông)

Ký kiệu	Địa chỉ	Ghi chú
1B1	E0.1	Vị trí cuối phía sau, thường đóng
1B2	E0.2	Vị trí cuối phía trước, thường đóng
S3	E0.3	Nút START (khởi động), thường đóng
1M1	A4.0	Cuộn dây từ, chạy ra từ 1A1
1M2	A4.1	Cuộn dây từ, chạy vào từ 1A1

Hình 3: Bảng ký hiệu xem như danh mục bố trí

Bảng 1: Các hàm lôgic cơ bản và cách chuyển đổi sang ngôn ngữ điều khiển lập trình

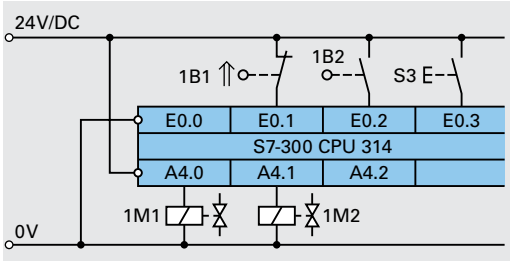
Ký hiệu đóng mở	Bảng chức năng	Giản đồ Tín hiệu - Thời gian	FUP/FBS	AWL	KOP
Nhận dạng	E | A 0 | 0 1 | 1	Cổng vào Cổng ra	E0.0 — A4.0 =		E0.0 — A4.0
Phủ định	E | A 0 | 1 1 | 0	Cổng vào Cổng ra	E0.0 — A4.0 =		E0.0 — A4.0
VÀ	E2 | E1 | A 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1	Cổng vào 1 Cổng vào 2 Cổng ra	E0.0, E0.1 — & — A4.0 =		E0.0 E0.1 — A4.0
HOẶC	E2 | E1 | A 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1	Cổng vào 1 Cổng vào 2 Cổng ra	E0.0, E0.1 — ≥1 — A4.0 =		E0.0 — A4.0 E0.1

[1] Sau đây ta sử dụng khái niệm Sơ Đồ Chức Năng FUP thay vì ngôn ngữ môđun chức năng FBS theo DIN EN 61131-3

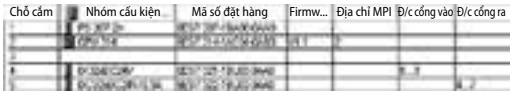
Ký hiệu cho cổng vào và cổng ra trong bảng ký hiệu và sơ đồ đấu dây phải giống y như nhau (**Hình 1**).

Chúng tùy thuộc vào cấu hình của phần cứng. **Hình 2** minh họa một cấu hình chuẩn.

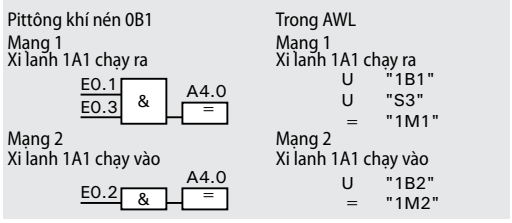
Chương trình điều khiển pittông được viết với ngôn ngữ FUP và AWL (**Hình 3**). Danh sách câu lệnh được sử dụng ở đây không phải là địa chỉ của các cổng vào và cổng ra mà là cách trình bày với **biểu tượng** từ bảng biểu tượng, nhờ vậy việc đọc mã chương trình trở nên dễ dàng hơn.



Hình 1: Đấu nối dây của pittông khí nén



Hình 2: Cấu hình của phần cứng



Hình 3: Chương trình PLC cho pittông

■ Đảo tín hiệu [1)]

Việc sử dụng **công tắc thường đóng** làm phần tử chuyển mạch trong mạch điều khiển bằng rơ le được quy định cho nhiều trường hợp trong các máy móc và thiết bị điện vì đường dây điện có thể bị đứt, thí dụ để dừng (Stop) hệ thống một cách an toàn hoặc để phát tín hiệu báo động.

Trên **Hình 4,** đèn cảnh báo P1 có tín hiệu "1", khi S0 và S1 không được tác động. Công tắc thường mở K1 sẽ đóng khi có điện áp tại đường dây điện 2, đèn báo P1 trên cùng đường dây điện sẽ bật sáng.

Cả hai công tắc thường đóng được đấu nối với hai cổng vào của bộ điều khiển lập trình PLC. Chương trình PLC phải lưu ý là trong thời điểm đặt điện áp tại những cổng vào E0.0 và E0.1 của bộ điều khiển, mỗi cổng đều đã có tín hiệu 1 rồi.

Chương trình trong AWL như sau (**Hình 5**):

U E0.0 "1"
U E0.1 "1"
= A 4.0 "1"

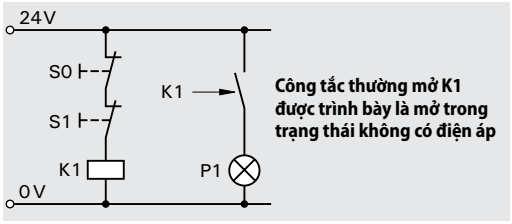
} là kết quả của kết nối lúc mở

Hai công tắc thường đóng cần được thay thế bằng hai công tắc thường mở. Đèn báo P1 phải sáng trở lại, khi S0 và S1 **không** được tác động. S0 và S1 cung cấp tín hiệu lôgic "0" khi không tác động đến các cổng vào E0.0 và E0.1.

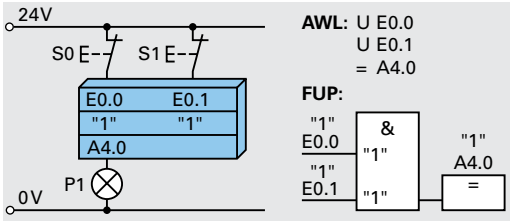
Danh sách câu lệnh AWL

U**N** E0.0	"0"	tại cổng vào	nội bộ "1"
U**N** E0.1	"0"	tại cổng vào	nội bộ "1"
= A 4.0	"1"	là kết quả của kết nối	

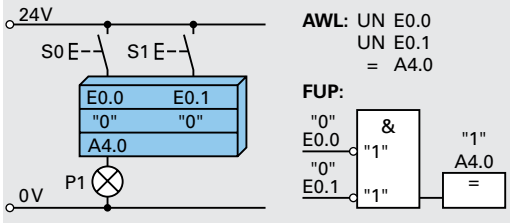
Sự phủ định "**N**" có nghĩa: Tín hiệu "0" tại cổng vào E0.0 qua sự phủ định nội bộ (tương ứng với việc đảo tín hiệu) trở thành lôgic "1".



Hình 4: Sử dụng công tắc thường đóng trong mạch



Hình 5: Sử dụng công tắc thường đóng trong kỹ thuật điều khiển lôgic lập trình (PLC)



Hình 6: Sử dụng công tắc thường mở trong kỹ thuật điều khiển lôgic lập trình (PLC)

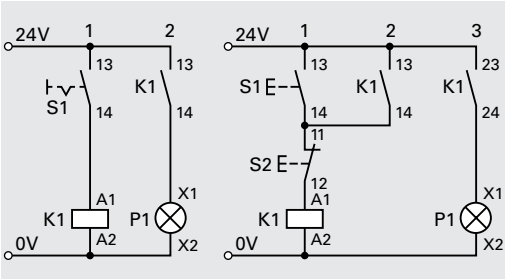
■ Chức năng lưu

Một yêu cầu thường xảy ra trong kỹ thuật điều khiển là lưu lại những tín hiệu xuất hiện trong thời gian ngắn. Việc lưu tín hiệu được thực hiện bằng cơ khí với khấc hoặc bằng mạch tự giữ qua công tắc thường mở của rơ le (**Hình 1 trang tiếp theo**).

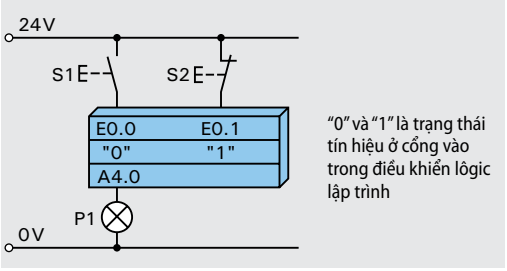
1) Đảo tín hiệu có nghĩa là tín hiệu đảo chiều (chuyển) từ 0 sang 1 hay từ 1 sang 0

Hình 1 minh họa các biến thể ưu tiên xóa của mạch tự giữ. Tín hiệu tái thiết lập chiếm ưu thế so với tín hiệu thiết lập, có nghĩa cả hai phần tử tín hiệu S1 và S2 đều tác động, vì thế trạng thái của rơ le K1 có tín hiệu lôgic "0". Đèn báo P1 tắt. Đối với mạch tự giữ tín hiệu thiết lập S1 chiếm ưu thế so với tái thiết lập S2, có nghĩa là đèn tín hiệu P1 sáng, S2 trên dây thứ hai phải ở phía sau công tắc thường mở K1.

Sự chuyển đổi trong kỹ thuật điều khiển lập trình có nghĩa là sự đấu nối dây của công tắc thường mở S1 như một tín hiệu thiết lập trên E0.0 và đấu dây của công tắc thường đóng S2 trên E0.1. Vì lý do an toàn (độ bền chống đứt gãy của dây điện) nên nút S2 phải vận hành như công tắc thường đóng. Cả 2 mạch tự giữ được mô tả trong **Bảng 1** với ngôn ngữ điều khiển lôgic lập trình. Trong bảng 1, mạch tự giữ được chuyển đổi theo lôgic của kỹ thuật rơ le. Do chức năng lưu xuất hiện thường xuyên trong kỹ thuật điều khiển lập trình cho nên, thí dụ trong điều khiển quá trình, có các lệnh **S** và **R** riêng (**Bảng 2**).

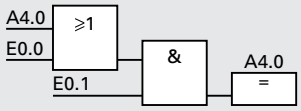
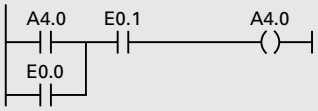
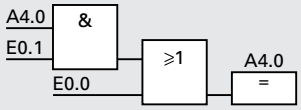
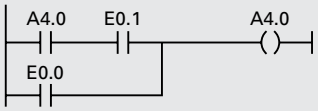


Hình 1: Mạch tín hiệu tự giữ



Hình 2: Đấu dây của mạch tự giữ trên bộ điều khiển lập trình

Bảng 1: Mạch tự giữ (tín hiệu thiết lập lại E0.1 là công tắc thường đóng)

Thiết lập lại chiếm ưu thế		U (O A 4.0 O E 0.0) U E 0.1 = A 4.0	
Thiết lập chiếm ưu thế		U A 4.0 U E 0.1 O E 0.0 = A 4.0	

Thí dụ, từ Bảng 2 có thể thấy trong AWL: **U** E0.0
S A4.0

Có nghĩa là khi E0.0 có tín hiệu "1", thì cổng ra lưu "1" kể cả khi E0.0 được lập trở lại "0". Chỉ khi qua lệnh R, cổng ra mới có thể được thiết lập trở lại "0".

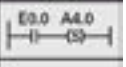
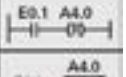
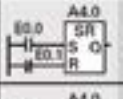
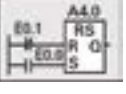
SR-Flip flop tương đương với mạch tự giữ ưu tiên **xóa**. Lệnh cuối trong dòng thứ tư của AWL trên cổng ra A4.0 giữ vai trò quyết định. Lệnh cuối cùng là **"R"** (reset hay tái thiết lập).

RS-Flip flop tương đương với mạch tự giữ ưu tiên thiết lập, lệnh cuối cùng là "**S**" (set).

Hình 3 minh họa cách hoạt động của bộ lưu.

Trong biên bản sao chép về quy trình quá trình của các cổng vào PAE có hai lần "1", bởi nút E0.0 được tác động. Trong dòng thứ 3 kết quả được lệnh "**N**" chuyển thành lôgic "0" vì thế trong dòng 4 của cổng ra A4.0 trong ảnh quá trình của cổng ra PAA vẫn được thiết lập với "1".

Bảng 2: Các chức năng lưu

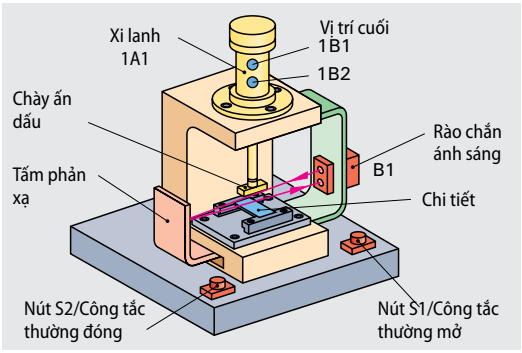
Thao tác	FUP/FBS	AWL	KOP
Lưu thiết lập			
Lưu thiết lập lại			
SR-Flip flop			
RS-Flip flop			

Dòng chương trình		Trạng thái tín hiệu trong PAE (đầu vào)	Nguyên tắc liên kết	KQLK (Kết quả liên kết, VKE)	PAA (Trạng thái tín hiệu ở đầu ra)
1	U E0.0	1		1	
2	S A4.0		S		1
3	UN E0.1	1		0	
4	R A4.0		R		1

Hình 3: Xử lý các lệnh AWL

■ Chức năng thời gian (bộ định thời)

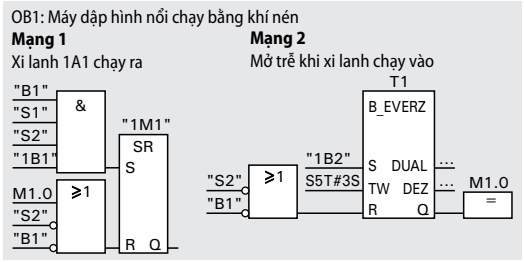
Trong thí dụ dưới đây một xi lanh khí nén tác động kép 1A1 của máy dập hình nổi ép một con dấu (khuôn) nung nóng bằng điện lên trên mặt chi tiết bằng nhựa dẻo được đưa vào máy bằng tay (**Hình 1**). Một mã nhận dạng được in lên chi tiết, sau đó chi tiết được lấy ra khỏi máy ép. Vùng hoạt động của máy ép được bảo vệ bằng rào chắn ánh sáng đơn giản B1. Bộ gá được khởi động với nút S1. Cả hai vị trí đầu và cuối của xi lanh được xác định thông qua cảm biến từ. Tại vị trí cuối phía trước, đầu ép dừng lại ba giây và tự di chuyển trở lại vị trí ban đầu. Chuyển động trở về được thực hiện thông qua nút S2 hoặc ngắt rào chắn ánh sáng. Tùy theo lựa chọn bộ điều khiển lập trình, thiết bị được điền vào bảng ký hiệu theo cổng vào và cổng ra của bộ điều khiển lập trình (**Hình 2**) và được đấu nối với các nhóm thiết bị cổng ra và cổng vào (**Hình 4**). Chương trình FUP (**Hình 3**) nhận bộ lưu SR từ phần tử điều khiển ổn định đơn 1V1 và phần tử mở trễ S_EVERZ (**Bảng 1**).



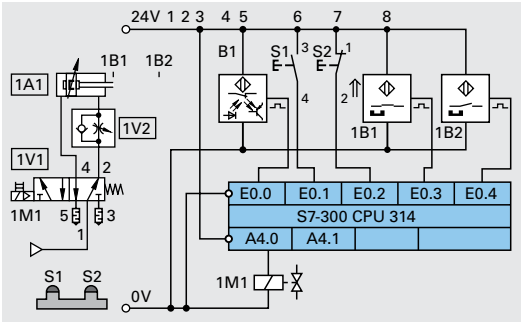
Hình 1: Sơ đồ công nghệ của máy ép dấu

Ký hiệu	Địa chỉ	Loại dữ liệu	Ghi chú
			Rào chắn ánh sáng, xác định = "0", công tắc thường đóng
			Nút START (khởi động), công tắc thường mở
			Nút VỀ, công tắc thường đóng
			Cảm biến từ cho vị trí cuối sau của 1A1, công tắc thường mở
			Cảm biến từ cho vị trí cuối trước của 1A1, công tắc thường mở
			Van từ cho xi lanh 1A1 chạy ra, đơn ổn

Hình 2: Bảng ký hiệu cho máy dập hình nổi



Hình 3: Chương trình FUP cho máy dập hình nổi



Hình 4: Đấu dây bộ điều khiển lập trình với máy dập hình nổi

Bảng 1: Chức năng thời gian của hệ điều khiển lôgic lập trình dạng môđun

Chức năng	Sơ đồ chức năng	Sơ đồ bậc thang	Danh mục câu lệnh	Biểu đồ tín hiệu-thời gian
Xung **Xung_S**	T1 S_IMPULS; E2.0, S5T#5s, E2.1 → A6.0	T1 S_IMPULS; E2.0, S5T#5s, E2.1 → A6.0	U E 2.0 L S5T#5s SI T 1 U E 2.1 R T 1 U T 1 = A 6.0	cạnh dương E2.0 E2.1 A6.0 t
Mở trễ **S_EVERZ**	T2 S_EVERZ; E2.0, S5T#5s, E2.1 → A6.0	T2 S_EVERZ; E2.0, S5T#5s, E2.1 → A6.0	U E 2.0 L S5T#5s SE T 2 U E 2.1 R T 2 U T 2 = A 6.0	E2.0 E2.1 A6.0 t
Đóng trễ **S_AVERZ**	T3 S_AVERZ; E2.0, S5T#5s, E2.1 → A6.0	T3 S_AVERZ; E2.0, S5T#5s, E2.1 → A6.0	U E 2.0 L S5T#5s SA T 3 U E 2.1 R T 3 U T 3 = A 6.0	cạnh âm E2.0 E2.1 A6.0 t

6.6.2.4 Điều khiển trình tự (quá trình) trong bộ điều khiển lôgic lập trình (PLC)

Trong điều khiển trình tự, các bước riêng rẽ được thực hiện nối tiếp nhau theo chuỗi thứ tự cố định. Điều khiển trình tự có thể thực hiện theo thời gian hoặc tùy thuộc vào quy trình (kết quả của các bước điều khiển trình tự).

Thí dụ: Máy trộn màu (**Hình 1**).

Hai thành phần màu được đưa vào bình trộn màu. Các thành phần được trộn trong một thời gian xác định và sau đó hỗn hợp trộn được xả ra ngoài.

Van điện từ M1 và M2 mở sau khi tín hiệu khởi động được kích hoạt qua nút S2. Các thành phần màu được cấp vào máy trộn cho đến mức tối đa và được cảm biến B2 ghi nhận. Sau đó cả hai van đóng lại, động cơ M3 của máy trộn hoạt động và sau 2 phút sẽ tắt. Màu thành phẩm được máy bơm có gắn động cơ M4 bơm ra cho đến khi bồn trống. Trạng thái này được cảm biến B1 ghi nhận.

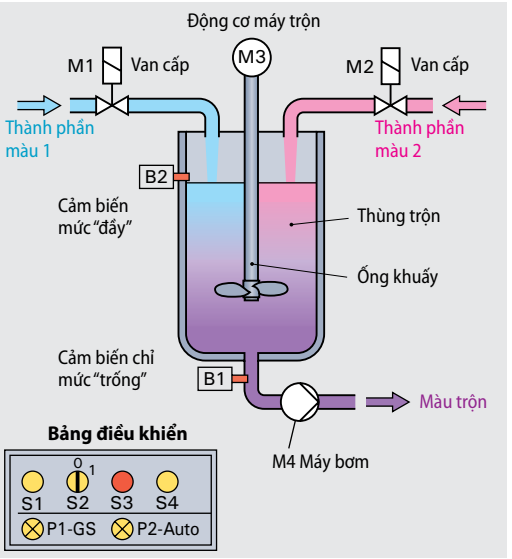
Các điều kiện phụ. Hệ thống thiết bị phải được vận hành tự động và bằng tay thông qua công tắc quay S2. Nút STOP S3 (thường đóng) kết thúc vận hành tự động. Có thể làm trống bồn bằng tay với nút S4 độc lập với quá trình hoạt động. Khi hệ thống thiết bị ở tại vị trí ban đầu (GS), đèn báo màu xanh P1 có tín hiệu. Khi hệ thống thiết bị hoạt động trong chế độ "tự động", đèn báo màu xanh P2 có tín hiệu "1" và sáng lên. Quá trình điều khiển chế độ tự động được mô tả với biểu đồ **GRAFCET** theo tiêu chuẩn DIN EN 60848 (**Hình 2**). Với "Chọn-BA" trong bước chuyển tiếp 1, sẽ bắt đầu quá trình theo chế độ tự động hoặc bằng tay.

Bảng ký hiệu gồm có các biểu tượng mô tả vị trí của cổng vào và cổng ra trên bộ điều khiển lập trình (**Hình 3**). Điều khiển trình tự cũng có cấu trúc tương tự như điều khiển liên kết. Những phần tử chính được liệt kê sau đây:

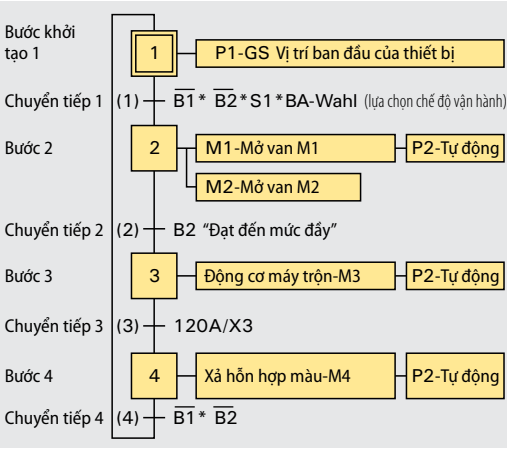
- **Loại vận hành** (Bằng tay hoặc tự động)
- **Chuỗi** (**thứ tự**) **bước** với bộ đếm bước
- **Phát lệnh** với hành động
- **Bộ phận báo** cho biết trạng thái và lỗi nếu có

Lập trình có cấu trúc: Để có thể tái lập cấu trúc này một cách tổng quan trong chương trình của bộ điều khiển lôgic lập trình, cần bổ sung thêm các môđun chương trình khác trong môđun tổ chức OB1 (giao diện ở giữa chương trình ứng dụng và hệ điều hành) của bộ điều khiển lập trình (**Hình 1**, trang 521). Những mô đun này được gọi là **chức năng FC** và có thể được lập trình tự do trong chương trình điều khiển từ người ứng dụng.

** Chế độ TIPP: chế độ vận hành, trong đó lệnh chỉ có tác động khi bộ phát lệnh được xác nhận (giữ, ấn vào)*



Hình 1: Sơ đồ công nghệ của một máy trộn màu



Hình 2: Lưu đồ GRAFCET chế độ vận hành tự động của máy trộn màu

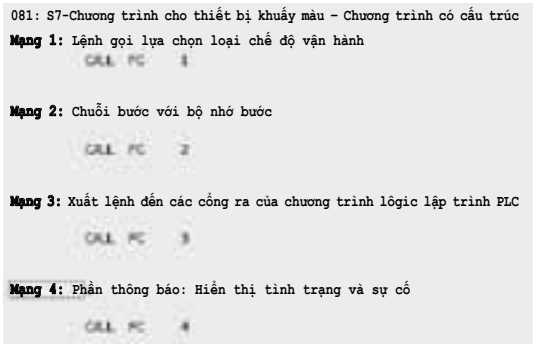
	Ký hiệu	Địa chỉ	Ghi chú
1			Nút khởi động (START), công tắc thường mở
2	S2_BA	E 0.2	Công tắc xoay S2, chế độ vận hành BA: Tự động="1" hay Bằng tay="0"
3	S3_STOPP	E 0.3	Nút dừng S3, công tắc thường đóng
4	S4	E 0.4	Nút nhấn tay S4, xả màu, công tắc thường mở
5	B1	E 0.5	Cảm biến điện dung B1, xả bình, công tắc thường đóng
6	B2	E 0.6	Cảm biến điện dung B2, đổ đầy, công tắc thường đóng
7	M1	A 4.0	Van cấp M1 "Mở", màu 1
8	M2	A 4.1	Van cấp M2 "Mở", màu 2
9	M3	A 4.2	Động cơ máy khuấy M3: "Mở"
10	M4	A 4.3	Động cơ máy bơm M4: "Mở"
11	P1_GS	A 4.4	Đèn báo P1, xanh, thiết bị vào vị trí cơ bản GS
12	P2_AUTO	A 4.5	Đèn báo P2, trắng, thiết bị trong chế độ vận hành tự động
13	Schritt1	M 1.0	Schritt1: Bước khởi tạo
14	Schritt2	M 2.0	Schritt2: Mở van M1 và M2
15	Schritt3	M 3.0	Schritt3: Động cơ khuấy M3 "Mở"
16	Schritt4	M 4.0	Schritt4: Máy bơm M4 "Mở"
17	Automatik	M 50.1	Chế độ vận hành: AUTO (tự động)
18	Hand	M 50.2	Chế độ vận hành: bằng tay (Chế độ TIPP *)
19	BA_Freig	M 50.3	Cho phép qua việc lựa chọn chế độ vận hành
20	Rücksetz	M 52.2	Khởi tạo và thiết lập lại những bước trình tự
21	Init	M 52.4	Tình trạng cơ bản của thiết bị (Vị trí cơ bản)

Hình 3: Bảng ký hiệu trên máy trộn

Qua việc sử dụng các chức năng, việc thao tác (xử lý) liên tiếp theo từng hàng của từng dòng lệnh đơn lẻ hay mạng lưới trong môđun tổ chức OB1được thay đổi. Những mệnh lệnh của chương trình trong các hàm (chức năng) FC1, FC2, được xử lý lần lượt trong một quy trình.

Với cấu trúc này chương trình tổng thể sẽ trở nên rõ ràng và khiến cho việc tìm kiếm lỗi dễ dàng hơn.

Lệnh "call" từ chương trình AWL (Danh Sách Câu Lệnh). Trong các chức năng FC1, FC2 v.v... người ta sử dụng ngôn ngữ FUP (Sơ đồ chức năng).



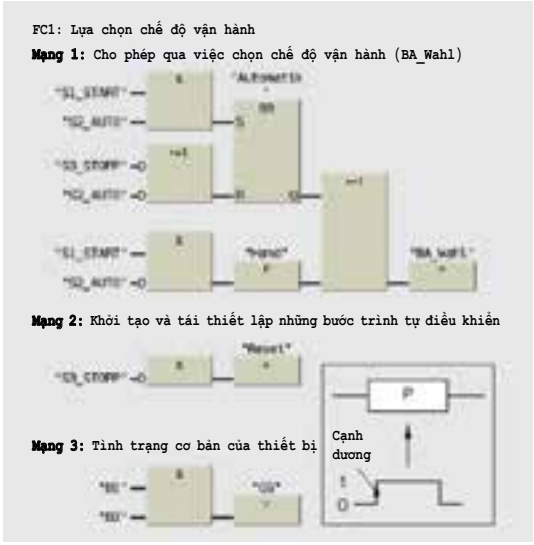
Hình 1: Lệnh gọi hàm trong OB1

Chức năng FC1: Chọn lựa chế độ vận hành (**Hình 2**)

Qua biến số **"BA_Wahl"** ta có những điều được chấp nhận cho từng bước riêng rẽ:

• **Chế độ vận hành tự động:** Nút nhấn S2 cho việc lựa chọn chế độ vận hành qua giá trị "1" và tác động nút khởi động S1.

• **Chế độ vận hành bằng tay:** Ở đây nút nhấn lựa chọn chế độ vận hành tự động S2 phải có giá trị bằng "0" và nút khởi động S1 được tác động. Kết nối VÀ dẫn đến một hàm được đặt tên là **"đánh giá cạnh"**, một hình chữ nhật với "P". Điều này có nghĩa là từ nút khởi động S1, chương trình điều khiển lôgic lập trình chỉ ghi nhận (nắm bắt) và đánh giá việc chuyển đổi tình trạng của tín hiệu từ "0" sang "1". Nếu tiếp tục giữ tình trạng ở S1, điều này không còn giá trị nữa. Nhờ thế mà đạt được việc lúc nào cũng chỉ có một bước được tác động, bước tiếp tục phải theo sự chuyển đổi từ **"Aus-0"** sang **"Ein-1"**.

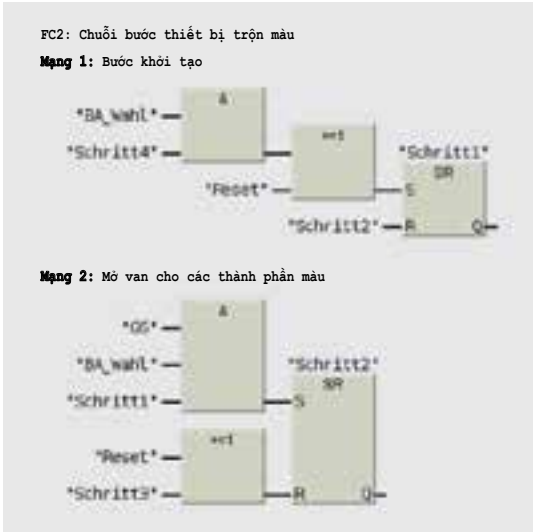


Hình 2: Lựa chọn chế độ vận hành, tái thiết lập và kiểm tra vị trí gốc trong hàm FC1

• **Khởi tạo và thiết lập lại những bước điều khiển trình tự:** Nút dừng S3 là một công tắc thường đóng. Khi tác động S3, E0.3 nhận được tại cổng vào giá trị "0". Qua phủ định, biến số "Reset" nhận được giá trị "1". Người ta có thể thấy tác động trong chức năng **FC2** (**Hình 3**). Qua "Reset" thiết lập lại bước 1, bước khởi tạo. "Reset" bắt buộc cần thiết khi khởi động mới vì biến số "Schritt4" của liên kết VÀ với "BA_Wahl" sẽ dẫn đến "0". Biến số "Schritt4", bước cuối cùng của trình tự điều khiển, mới có được giá trị "1" sau một lần chạy qua.

Bước khởi tạo "Schritt1" đem **chuỗi bước** về vị trí gốc. Nó có một cấu trúc khác so với các bước tiếp tục của chuỗi trình tự. Ở cổng vào S của bộ nhớ SR nó có một liên kết **HOẶC** với liên kết **VÀ** được nạp trước.

• **Tình trạng cơ bản của thiết bị** (**Hình 2**). Tình trạng ban đầu hay vị trí cơ bản của thiết bị được mô tả với biến "GS", thí dụ như bình chứa "trống". Nhờ đó cảm biến B1 là công tắc thường đóng có giá trị "1" ở cổng vào E0.5. Nó không được tác động. Điều này cũng tương tự như vậy cho cảm biến B2 ở cổng E0.6.



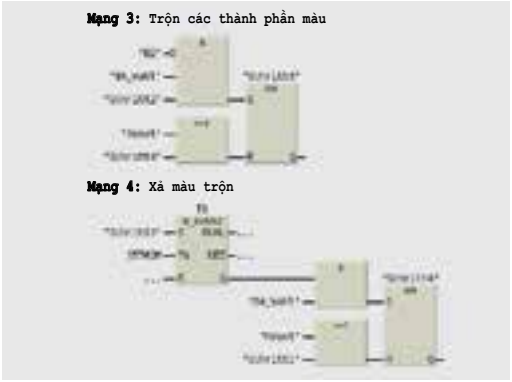
Hình 3: Bước khởi tạo và bước thứ 1 "Mở van" trong hàm FC2

Chức năng FC2: Chuỗi bước (**Hình 1** và Hình 3, Trang 521).

Những bước riêng rẽ của quá trình được lưu trong phần chỉ báo bước. Tất cả các bước của chuỗi quá trình được lập trình với **bộ lưu SR**. Tại cổng vào S, từng liên kết AND (VÀ) đều có chỉ báo bước của bước trước đó và điều kiện chuyển tiếp, thí dụ, cảm biến S2. Khi hoạt động với các chế độ vận hành, biến số (BA-Wahl) cũng được sử dụng. Tại cổng vào R của bộ lưu có **liên kết OR** (HOẶC): Tái thiết lập được thực hiện với bước tiếp theo hoặc với "Reset". Do đó có thể bảo đảm mỗi lần chỉ hoạt động một bước trình tự.

Sự chuyển từ mạng 3 sang mạng 4 được thực hiện thông qua chức năng mở trễ. Qua đó, sự điều khiển trình tự phụ thuộc quy trình sẽ chuyển sang trình tự phụ thuộc thời gian. Bước trình tự cuối bị hủy bởi "Schritt1", có nghĩa là thiết lập trở lại.

Điều này được gọi là xóa chuỗi theo nhịp. Chỉ với kiểu chuỗi nhịp này mới có thể mô tả quá trình theo biểu đồ GRAFCET.



Hình 1: Bước điều khiển trình tự "Trộn màu" và "Xả màu" trong chức năng FC2

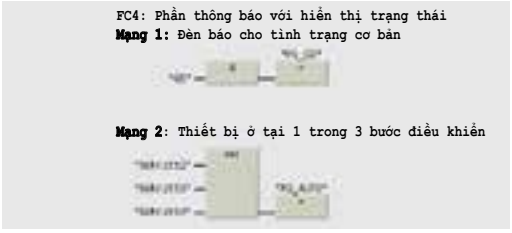
Chức năng FC3: Phát lệnh (**Hình 2**)

Các bộ chỉ báo bước (cờ, bít nhớ)riêng rẽ, thí dụ "bước 2" được chuyển đến cổng ra của bộ điều khiển lập trình trong FC3. Nhờ thế bảo đảm cùng lúc các cổng ra chỉ nhận được lệnh một lần trong phạm vi của chương trình và không thể viết đè lên trong phạm vi một chu kỳ của bộ điều khiển lập trình. Nếu van "1M1" vẫn phải tiếp tục hoạt động bên ngoài bước 2, thì bộ lưu SR phải hoạt động hoặc phải sử dụng các phần tử điều chỉnh ổn định kép, chẳng hạn van xung 5/2 trong điện - khí nén.

Hình 2: Phát lệnh trong chức năng FC3

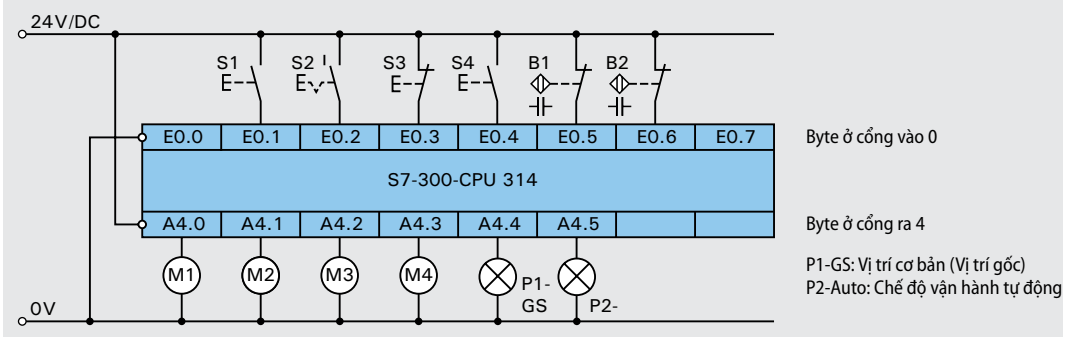
Chức năng FC4: Báo tin (**Hình 3**)

Khi hệ thống thiết bị ở vị trí ban đầu "GS", đèn "P1_GS" sáng. Khi hệ thống thiết bị ở tại một trong ba bước quá trình, đèn "PS_Auto" bật sáng.



Hình 3: Thông báo trong chức năng FC4

Hình 4 cho thấy sơ đồ đấu dây của bài tập.



Hình 4: Đấu nối của các cổng vào và cổng ra cho thiết bị trộn màu

6.7 Điều khiển CNC

6.7.1 Đặc tính của máy NC (Máy được điều khiển bằng kỹ thuật số)

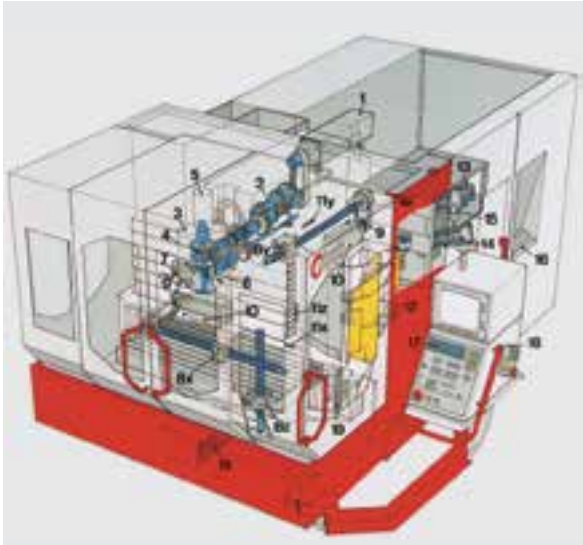
Các máy móc được điều khiển bằng kỹ thuật số (máy NC) có thể thực hiện các lệnh lập trình, được mã hóa bằng chữ cái và số (**Bảng 1**). Các lệnh lập trình của máy được điều khiển bằng kỹ thuật số ở thời kỳ đầu tiên được định trước bởi các thẻ đục lỗ *(thẻ đột lỗ, tấm xuyên lỗ)* hay các băng đục lỗ *(băng đột lỗ, dải xuyên lỗ)*. Các mệnh lệnh này không thể thay đổi tại máy. Trong điều khiển CNC thì các lệnh điều khiển có thể được thay đổi bất cứ lúc nào. Các thay đổi, được thực hiện tại máy để tối ưu hóa chương trình có thể được lưu lại trong hệ điều khiển. Đối với điều khiển DNC thì chương trình được quản lý từ một máy tính trung tâm cho nhiều máy NC.

Chương trình điều khiển CNC được nạp vào từ một thiết bị chứa dữ liệu hoặc được nhập vào qua vùng thao tác của bảng điều khiển(**Hình 1**). Nó được chia ra thành nhiều khu vực. Trên **màn hình** các câu lệnh lập trình, trị số vị trí của các trục, hình ảnh hoặc các dòng chữ trợ giúp được hiển thị. **Bảng điều khiển** thông thường có một bàn phím chữ số, dùng để nhập chương trình bằng tay. Các lệnh điều khiển cho chức năng của máy, thí dụ như KHỞI ĐỘNG TRỤC CHÍNH hoặc DỪNG và TẮT KHẨN CẤP, được đưa vào tại **bảng điều khiển máy**. Vì các lý do bảo vệ môi trường và an toàn lao động phần lớn các máy đều được hoàn toàn đóng kín (**Hình 2**).

Bảng 1: Các loại điều khiển số

Ký hiệu	Viết tắt từ	Giải thích
NC	**n**umerical **c**ontrol	Điều khiển bằng số
CNC	**c**omputerized **n**umerical **c**ontrol	Điều khiển NC với máy tính
DNC	**d**irect **n**umerical **c**ontrol	Nhiều máy được điều khiển bởi máy tính cấp trên

Hình 1: Vùng thao tác của bảng sử dụng cho việc điều khiển CNC



1 Động cơ trục chính chạy bằng điện 3 pha (động cơ AC)
2 Hộp số 3 cấp
3 Đầu phay đứng
4 Bảo vệ va đập theo chiều đứng
5 Kẹp dụng cụ thủy cơ
6 Tinh chỉnh trục tâm (Pinole)
7 Đòn bẩy điều khiển trục tâm với đầu khoan (pinole)
8 Truyền động bằng trục ren cầu
9 Bộ ly hợp bảo vệ va chạm
10 Động cơ điện 3 pha (AC) cho dẫn tiến
11 Hệ thống đo hành trình - đường thẳng
12 Bộ đổi dụng cụ chiều đứng
13 Giá *(máng)* dụng cụ, 32 chỗ
14 Dụng cụ khoan
15 Đầu đo tiếp xúc, không dây
16 Bàn điều khiển bộ đổi dao *(dụng cụ)*
17 Điều khiển quỹ đạo (biên dạng, đường bao) bằng CNC
18 Mô đun điều khiển bằng tay
19 Chất kết dộn (Vật liệu hỗn hợp giữa gang xám-khoáng chất đúc) tại chân máy, bộ đỡ chữ thập và giá đỡ trục chính.

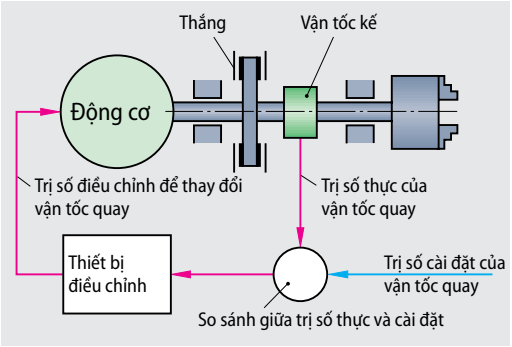
Hình 2: Các thành phần của máy phay CNC

■ Truyền động

Số vòng quay truyền động cho trục chính và cho chuyển động dẫn tiến có thể được điều chỉnh vô cấp *(điều chỉnh liên tục)*.

Truyền động của trục chính (Hình 1)

Để truyền động cho trục chính, người ta dùng động cơ điện ba pha (AC) hoặc động cơ điện một chiều (DC) có tốc độ quay điều chỉnh được. Số vòng quay được đo bằng một vận tốc kế. Nó tạo ra một điện áp tương ứng với vận tốc quay. Vận tốc quay thực được hệ điều khiển CNC so sánh với vận tốc định mức *(cài đặt)* và được điều chỉnh khi có sai lệch.



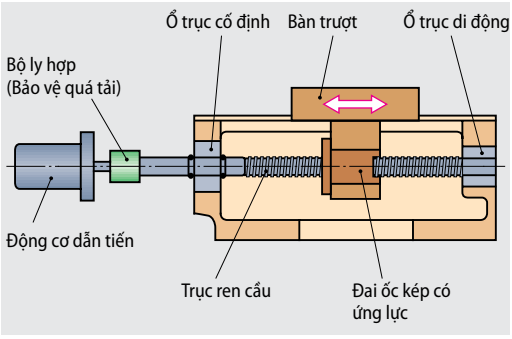
Hình 1: Truyền động trục với điều chỉnh vận tốc quay

Truyền động dẫn tiến (Hình 2)

Truyền động dẫn tiến cũng được thực hiện với động cơ điện ba pha hay điện một chiều có tốc độ quay điều chỉnh được. Một khớp nối được bảo vệ khi quá tải giữa mô tơ truyền động và trục ren cầu làm giảm thiệt hại trong trường hợp va chạm:

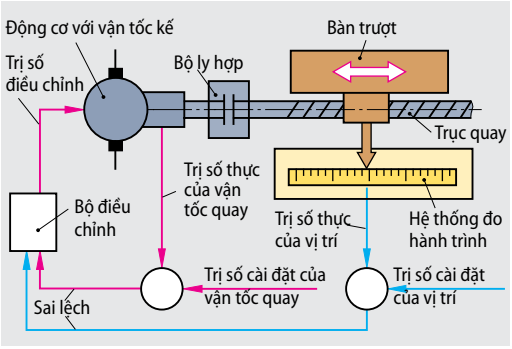
Các yêu cầu đối với truyền động dẫn tiến

- Cung cấp lực dẫn tiến lớn lên bàn trượt
- Vận tốc dịch chuyển có thể rất nhỏ hoặc rất lớn
- Có thể tạo gia tốc lớn và định vị bàn trượt nhanh
- Độ lặp lại chính xác cao của các vị trí được chạy đến và
- Có độ cứng kết cấu cao để giữ vững vị trí trục



Hình 2: Truyền động dẫn tiến với trục ren cầu

Đối với các truyền động dẫn tiến NC thì ngoài sự điều chỉnh vận tốc quay ra còn có thêm điều chỉnh về vị trí (**Hình 3**). Mỗi trục sẽ có một hệ thống đo hành trình cho việc này.

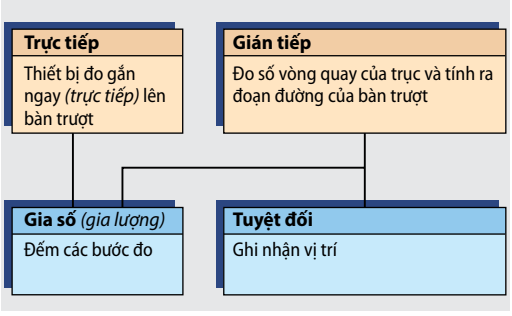


Hình 3: Mạch điều chỉnh của truyền động dẫn tiến

■ Hệ thống đo hành trình

Hệ thống đo hành trình là một thành phần của mạch điều chỉnh vị trí. Vị trí của bàn máy hay của dụng cụ được đo (trị số thực) và so sánh với trị số cài đặt. Động cơ dẫn tiến được điều chỉnh cho đến khi trị số thực trùng với trị số cài đặt. Hệ thống đo hành trình làm việc theo nhiều phương pháp khác nhau (**Hình 4**). Chúng được phân biệt bởi độ chính xác, khả năng lắp vào máy và chi phí.

Các hệ thống đo trực tiếp cung cấp các trị số đo chính xác nhất.
Thông dụng nhất là các hệ thống đo theo gia số.

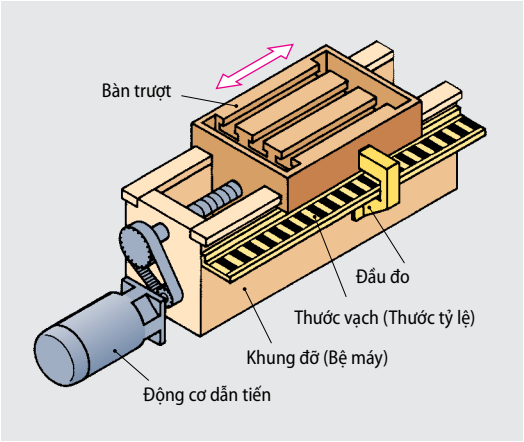


Hình 4: Các hệ thống đo hành trình thông dụng

Các hệ thống đo hành trình cung cấp các tín hiệu đo được tạo ra do cảm ứng hoặc quang điện. Chúng được xử lý trong điều khiển CNC. Hệ thống đo hành trình bằng quang điện bao gồm một thước có vạch hoặc một đĩa có vạch và một thiết bị dò (đầu đo).

Đo hành trình trực tiếp (**Hình 1**)

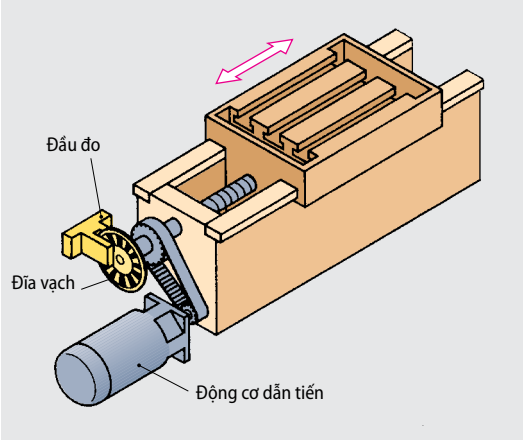
Khi đo hành trình trực tiếp thì thiết bị đo gắn theo bàn trượt cần xác định vị trí . Thước đo có vạch có thể gắn theo bàn trượt và đầu đo gắn trên khung cố định hoặc ngược lại. Thiết bị đo phải được bọc che kỹ lưỡng để không bị bẩn hoặc hư hại.



Hình 1: Đo hành trình trực tiếp

Đo hành trình gián tiếp (**Hình 2**)

Đĩa vạch của cảm biến đo góc xoay được gắn cứng với trục quay tạo chuyển động dẫn tiến. Khi động cơ cho chuyển động dẫn tiến quay vòng thì các vạch trên đĩa chạy ngang qua đầu đọc và như thế các vòng quay được đếm. Từ số lượng của vòng quay đo được cũng như từ bước ren của trục dẫn tiến, vị trí của bàn trượt sẽ được bộ điều khiển CNC tính ra. Các sai lệch hệ thống, thí dụ sai số của bước ren có thể được phần mềm của điều khiển CNC cân bằng. Hệ thống không bị ảnh hưởng bởi nhiễm bẩn vì có thể được bọc kín hoàn toàn.



Hình 2: Đo hành trình gián tiếp

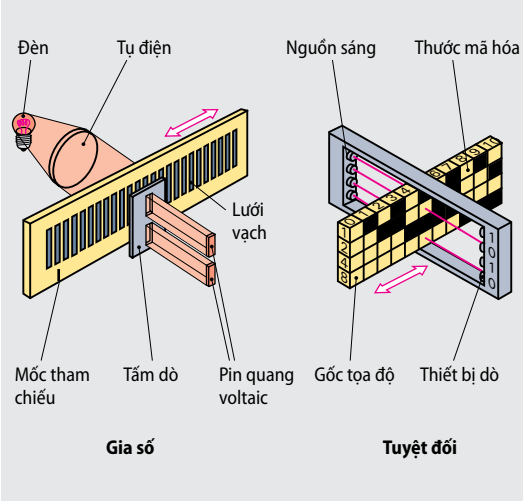
Hệ thống đo hành trình theo gia số (**Hình 3**)

Trong hệ thống đo này thì các bước đo bằng nhau (gia số) của một lưới vạch được cộng vào hoặc trừ đi. Tổng số của các xung đếm tương ứng với hành trình của bàn trượt. Song song với các lưới vạch có các mốc tham chiếu với vị trí đã biết sẵn, để trong trường hợp mất điện hoặc khi bật máy, vị trí của bàn trượt có thể được xác định.

> Đối với các hệ thống đo hành trình theo gia số thì sau khi bật máy, trước hết phải xác định mốc tham chiếu để chạy đến.

Hệ thống đo hành trình tuyệt đối (**hình 3**)

Trong hệ thống đo hành trình tuyệt đối thì mỗi bước chia được phân bổ với một trị số chính xác. Đầu dò nhờ vào các vạch xuyên sáng hoặc chắn sáng trên thước đo để xác định vị trí của bàn trượt. Sau khi mở nguồn cung cấp điện thì vị trí của trục máy được xác định mà không cần phải tiến đến một mốc tham chiếu.



Hình 3: Đo hành trình với gia số và đo hành trình tuyệt đối

■ Cấu trúc và nhiệm vụ của điều khiển CNC

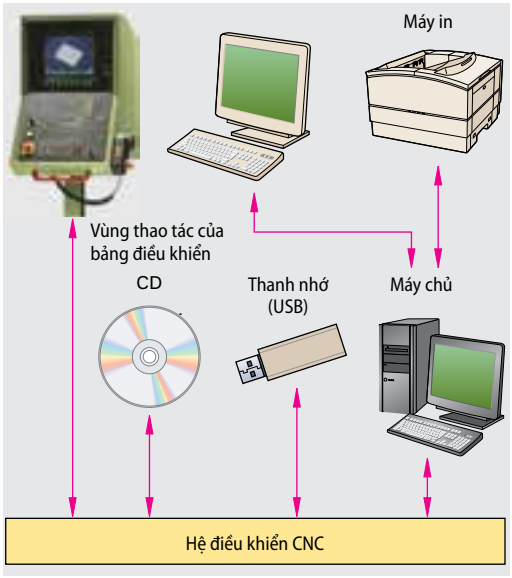
Các nhiệm vụ quan trọng nhất của điều khiển CNC là Nhập, Lưu, Xử lý và Xuất dữ liệu cũng như liên tục kiểm soát các quy trình điều chỉnh, thí dụ giữ đúng tốc độ quay cài đặt hay vị trí bàn trượt.

Nhập dữ liệu (**Hình 1**)

Việc nhập các chương trình chi tiết máy đã được viết bởi lập trình viên hay việc thay đổi chương trình có thể thực hiện:

- trực tiếp trên máy qua bàn phím của vùng thao tác trong bảng điều khiển
- qua một đĩa CD, một thanh nhớ USB hay qua đường dữ liệu nối với một máy tính hay qua mạng đến một máy chủ.

Việc lưu dữ liệu được thực hiện trong các đơn vị lưu trữ *(mô đun nhớ)* điện tử.



Hình 1: Các khả năng nhập và xuất dữ liệu

Xử lý dữ liệu

Bộ điều khiển cho việc này chứa nhiều bộ vi xử lý để thực hiện các công việc như tính ra các quỹ đạo của dụng cụ cũng như tính toán liên tục các dữ liệu đo cho việc điều chỉnh vị trí của động cơ chuyển động dẫn tiến.

Xuất dữ liệu

Việc xuất dữ liệu tới máy được thực hiện qua một hệ điều khiển thích nghi. Nó khuếch đại và chuyển đổi tín hiệu sao cho việc điều khiển các động cơ, van và các cơ cấu tác động khác có thể thực hiện được. Ngoài ra dữ liệu (chương trình, thông số định mức/số liệu vận hành) cũng có thể xuất qua những giao diện.

■ Lợi thế của việc gia công với máy công cụ có điều khiển CNC

Các máy NC mang lại nhiều lợi thế cơ bản so với các máy công cụ truyền thống. Qua đó năng suất luôn được cải thiện nhờ sự tiếp tục phát triển của các hệ điều khiển, của máy NC, của dụng cụ và các vật liệu của dao cắt.

Lợi thế của việc gia công với máy công cụ được điều khiển bằng CNC

- Độ gia công chính xác cao và ổn định
- Thời gian gia công ngắn
- Có thể chế tạo được các chi tiết phức tạp
- Tối ưu hóa các quy trình cắt gọt một cách đơn giản
- Lập lại các chương trình đã lưu một cách đơn giản
- Có độ linh hoạt cao
- Khả năng tự động hóa cao
- Khả năng sử dụng nhiều máy cùng lúc

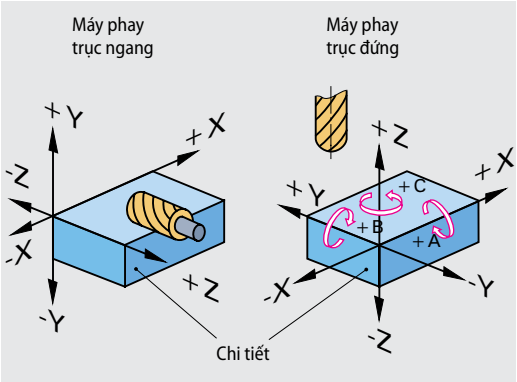
Ôn tập và đào sâu

1. Có những khả năng nào điều chỉnh cho tốc độ của động cơ truyền động?
2. Các yêu cầu nào được đặt ra cho truyền động dẫn tiến?
3. Tại sao cần đến hai mạch điều chỉnh cho động cơ dẫn tiến?
4. Phép đo hành trình gián tiếp khác với trực tiếp thế nào?
5. Các ưu điểm của hệ thống đo hành trình trực tiếp là gì?
6. Việc gì xảy ra khi tắt máy với hệ thống đo hành trình kiểu gia số?
7. Hệ thống đo hành trình tuyệt đối có ưu điểm gì?
8. Trong trường hợp nào thì việc nhập dữ liệu vào hệ điều khiển CNC thông qua một giao diện?
9. Điều khiển thích nghi phải hoàn thành nhiệm vụ gì?

6.7.2 Tọa độ, điểm gốc và điểm chuẩn

■ Hệ thống tọa độ (gọi tắt là hệ tọa độ)

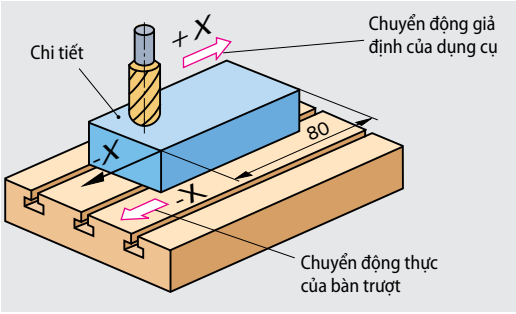
Hệ tọa độ vuông góc dựa vào chi tiết. Các trục được đặt tên là X, Y và Z (**Hình 1**). Trục Z tương ứng với trục chính. Vì thế trong máy phay trục đứng hệ tọa độ được định nghĩa khác với máy phay trục ngang. Nếu chuyển động quay chung quanh một trục có thể điều khiển được thì ta sử dụng các chữ cái A, B và C cho việc này. Chiều quay dương chạy theo chiều kim đồng hồ khi ta nhìn từ điểm gốc đi ra theo hướng dương.



Hình 1: Hệ tọa độ trong máy phay

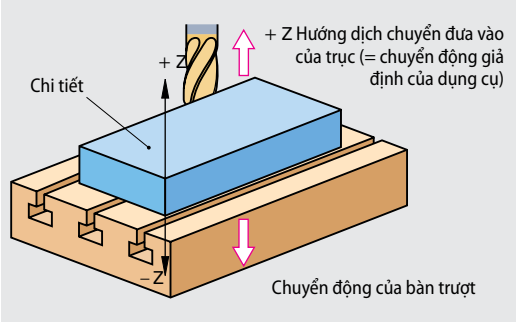
Chiều của hệ thống tọa độ và dịch chuyển

Khi lập trình, ta luôn luôn giả thiết là dụng cụ chuyển động (**Hình 2**). Qua đó ta cũng đạt được cách lập trình thống nhất khi bàn trượt chuyển động thay vì dụng cụ. Chẳng hạn như ở một máy phay trục đứng, dao phay cần phải đạt được đoạn đường 80 mm hướng trục X, do đó trị số X80 được lập trình. Thật sự thì bàn trượt lại di chuyển qua trái theo chiều âm của trục X.



Hình 2: Chuyển động của dụng cụ và chi tiết

Khi bắt đầu điều khiển việc di chuyển vị trí của bàn trượt được thực hiện qua cách nhập liệu các trị số tọa độ bằng tay; ta phải lưu ý là máy sẽ phản ứng như thể là dụng cụ chuyển động. Nếu bàn trượt di chuyển sang phải theo chiều dương của trục X, thì ta phải ghi hướng âm cho chiều dịch chuyển. Ở máy phay trục đứng bàn trượt di chuyển cũng theo hướng trục Z (**Hình 3**). Nếu muốn di chuyển bàn trượt xuống dưới theo chiều âm của trục Z, ta phải nhập vào chiều dương cho việc di chuyển của trục Z.

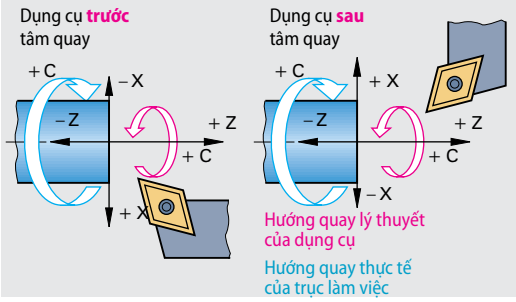


Hình 3: Dịch chuyển của bàn trượt theo hướng Z

> Khi di chuyển bàn trượt và đưa tọa độ vào trong chương trình, ta luôn luôn giả định là dụng cụ di chuyển.

■ Tọa độ ở máy tiện (Hình 4)

Chiều của trục được quy ước là dụng cụ di chuyển theo hướng trục dương từ chi tiết đi ra. Vì thế mà tùy theo vị trí của dụng cụ ta có những hệ tọa độ khác nhau. Trục X dương chỉ vào hướng của dụng cụ. Đường kính được đưa vào như là tọa độ X. Thí dụ như dấu (chiều) của trục X được sử dụng khi nhập kích thước theo gia số hay hiệu chỉnh dụng cụ.



Hình 4: Tọa độ trong máy tiện

Để xác định rõ ràng vị trí gia công, phải cần có hướng của trục tọa độ và vị trí của của điểm chuẩn giữa máy, dụng cụ và chi tiết.

■ Điểm gốc và điểm chuẩn

Điểm gốc máy M

Điểm gốc máy là điểm gốc chung của tọa độ máy. Nó được nhà sản xuất quy định và không thể thay đổi được. Kích thước của hệ đo hành trình dựa vào điểm này. Hầu hết ở máy tiện, điểm gốc nằm trên trục chính trong mặt tựa (mặt chặn) của mâm cặp (**Hình 1**). Ở máy phay, vị trí của điểm gốc máy rất khác biệt tùy theo nhà sản xuất. Thông thường, nó nằm ở phạm vi ngoài của không gian gia công (**Hình 2**).

Điểm tham chiếu R

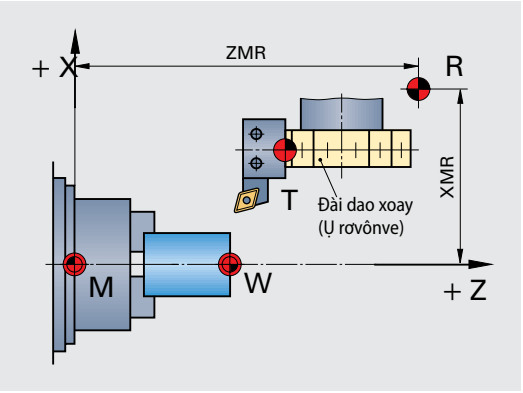
Để hiệu chuẩn các hệ đo hành trình theo gia số, sau khi bật máy bàn trượt phải chạy đến điểm gốc máy. Điều này không thể nào thực hiện được với tất cả các máy. Trong những trường hợp này người ta quy định một điểm chính xác khác gọi là điểm tham chiếu R. Việc khởi động chạy đến điểm tham chiếu được thực hiện bằng một lệnh điều khiển qua nút bấm trên bảng điều khiển máy. Trên màn hình, vị trí hiện thời của mỗi trục được thông báo. Trị số được thông báo tương ứng với khoảng cách từ điểm gốc máy đến điểm tham chiếu khi bàn trượt ở điểm tham chiếu.

Điểm chuẩn của giá đỡ dao *(Giá đỡ dụng cụ)* T

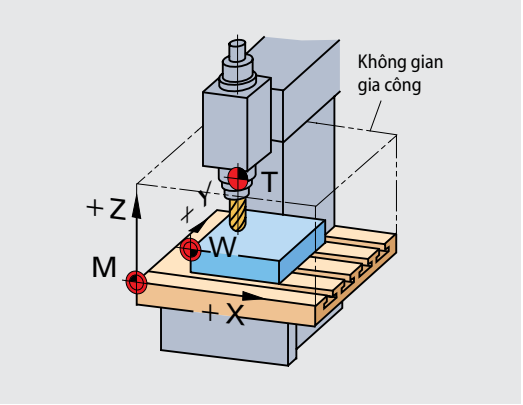
Điểm chuẩn của giá đỡ dao được tạo thành từ trục và mặt tựa của bộ phận giữ dụng cụ. Với điểm chuẩn này mà vị trí của nó được hệ điều khiển CNC biết rõ, điểm tham chiếu sẽ là vị trí chạy đến.

Điểm gốc chi tiết W

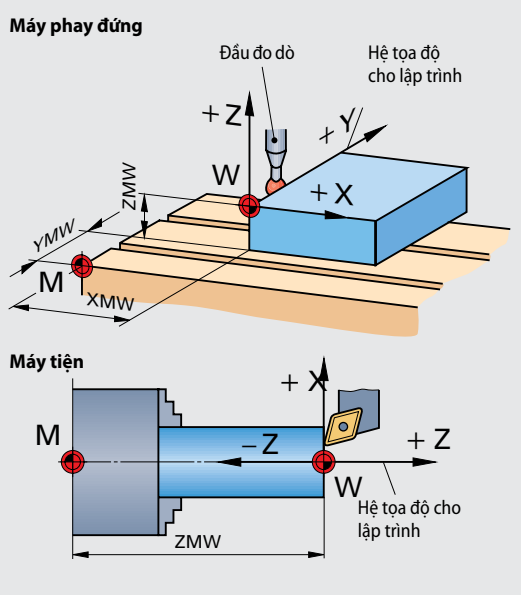
Khi lập trình cho hình học của chi tiết, tất cả các kích thước đều phải dựa vào điểm gốc máy. Vì điều này phức tạp nên lập trình viên quy định một điểm gốc của chi tiết, được lựa chọn sao cho càng nhiều trị số tọa độ từ bản vẽ có thể tiếp nhận hay vị trí của nó trong vùng gia công có thể dễ dàng xác định được (**Hình 3**). Khoảng cách tọa độ từ điểm gốc máy đến điểm gốc phôi (XMW, YMW, ZMW) được gọi là **đoạn dịch chuyển điểm gốc** và phải được tiếp nhận vào trong hệ điều khiển. Trong hệ điều khiển trị số điều chỉnh được lưu trữ và tính toán. Như vậy lập trình viên có thể quy tất cả các kích thước vào điểm gốc phôi.



Hình 1: Điểm gốc và điểm chuẩn tại máy tiện



Hình 2: Điểm gốc và điểm chuẩn tại máy phay



Hình 3: Vị trí thuận lợi của điểm gốc chi tiết

6.7.3 Các loại điều khiển, những hiệu chỉnh

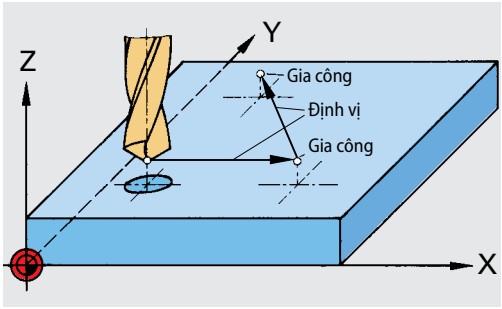
■ Các loại điều khiển

Tùy theo yêu cầu, máy NC được trang bị loại điều khiển điểm *(điểm-điểm)*, điều khiển đoạn *(đường thẳng)* hay điều khiển biên dạng *(đường bao hay quỹ đạo)*.

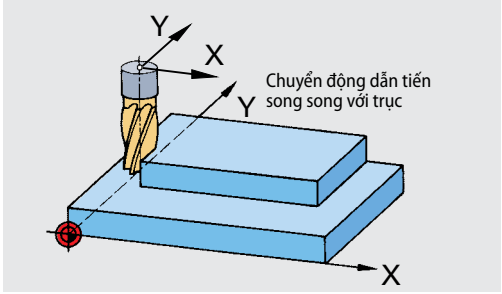
Điều khiển điểm (**Hình 1**). Loại điều khiển CNC đơn giản này được ứng dụng trong các máy mà dụng cụ cần được định vị tại một vị trí nhất định. Bàn trượt hay giá đỡ dụng cụ được điều khiển cùng lúc hay kế tiếp nhau chạy đến vị trí gia công. Chuyển động này được thực hiện với vận tốc nhanh không có sự tác động của dụng cụ cắt. Điều khiển điểm được trang bị cho các máy khoan NC, máy dập hay máy hàn điểm (hàn bấm).

Điều khiển đoạn thẳng (**Hình 2**). Phần lớn với điều khiển đoạn thẳng, người ta chỉ có thể thực hiện những chuyển động dẫn tiến song song với trục. Điều khiển đoạn thẳng được ứng dụng vào trong việc xử lý thao tác chi tiết và điều khiển các máy công cụ đơn giản.

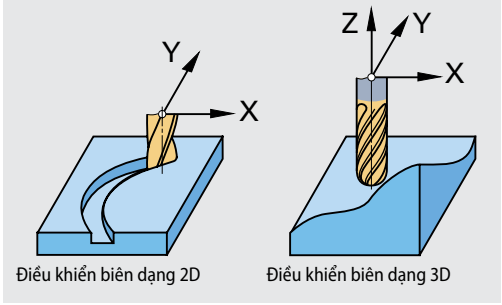
Điều khiển biên dạng (**Hình 3**). Với điều khiển biên dạng, bàn trượt hay giá đỡ dụng cụ có thể vận hành **cùng một lúc** theo 2 trục hoặc nhiều hơn với chuyển động dẫn tiến đã được lập trình. Để làm được việc này, vận tốc truyền động của từng trục phải thích ứng với nhau. Nhiệm vụ này được bộ nội suy của điều khiển CNC đảm nhận. Đó là một chương trình phần mềm để tính toán những vị trí trung gian và các tỷ lệ vận tốc của từng trục sao cho bàn trượt đi theo quỹ đạo đã được lập trình trước (**Hình 4**). Nếu việc nội suy chỉ thực hiện được trên 2 trục (thí dụ như X và Y) thì đủ cho **điều khiển biên dạng 2-D** (hai chiều). Loại **điều khiển biên dạng $2^1/_2$-D** xuất hiện khi việc nội suy có thể chuyển sang 2 trong 3 mặt phẳng gia công chính tùy theo lựa chọn. Việc lựa chọn các mặt phẳng gia công được thực hiện qua các lệnh chương trình G17 đến G19 (**Hình 5**). Với **điều khiển biên dạng 3-D** (3 chiều) các bàn trượt có thể vận hành đồng thời trên cả 3 trục của biên dạng (đường bao).



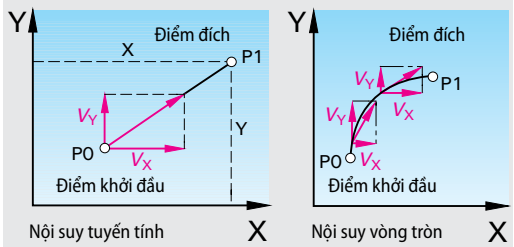
Hình 1: Điều khiển điểm



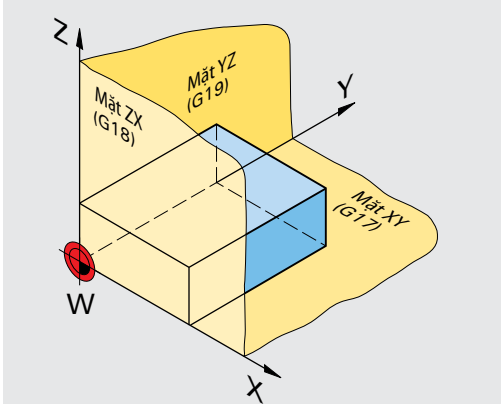
Hình 2: Điều khiển đoạn thẳng



Hình 3: Điều khiển biên dạng



Hình 4: Nội suy



Hình 5: Lựa chọn mặt phẳng (gia công) cho máy phay đứng

■ Đo và chỉnh dụng cụ

Trong gia công, hệ điều khiển tính toán kích thước của dụng cụ cắt với kích thước chi tiết đã được lập trình, như thế biên dạng chi tiết có thể lập trình độc lập với dụng cụ cắt gọt được đưa vào sử dụng. Trước đó mỗi một dụng cụ phải được đo.

Đo dụng cụ ở ngoài

Việc chỉnh trước và đo dụng cụ phần lớn được thực hiện ở ngoài máy công cụ, thí dụ như trong thiết bị chỉnh trước dụng cụ hay một máy đo dụng cụ (**Hình 1**).

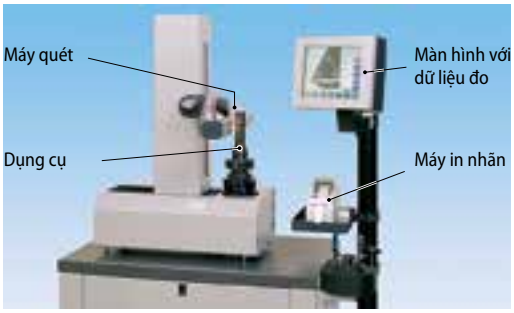
Dụng cụ bị kẹp với điểm cắt P được điều khiển (bằng tay hoặc tự động) chạy đến dưới đường chỉ chữ thập nhờ phương tiện nhận diện lưỡi cắt bằng phương pháp quang học. Công nghệ xử lý ảnh hiện đại cho phép đo rất chính xác không phụ thuộc vào người sử dụng máy (**Hình 2**). Khoảng cách của điểm cắt P đến điểm chuẩn dụng cụ E được xem như là trị số hiệu chỉnh với dấu đúng để đưa vào bộ nhớ những số liệu chỉnh dụng cụ của điều khiển CNC và phân bổ cho dụng cụ tương ứng (**Hình 3**). Những thao tác kể trên có thể thực hiện bằng tay qua nút ấn của hệ điều khiển hay trực tuyến qua đường truyền dữ liệu hoặc qua việc lưu trữ vào trong một con chip dữ liệu của giá giữ dụng cụ. Qua việc hiệu chỉnh trước các dụng cụ người ta có thể tăng gia sản lượng một cách đáng kể.

Đo dụng cụ nội bộ

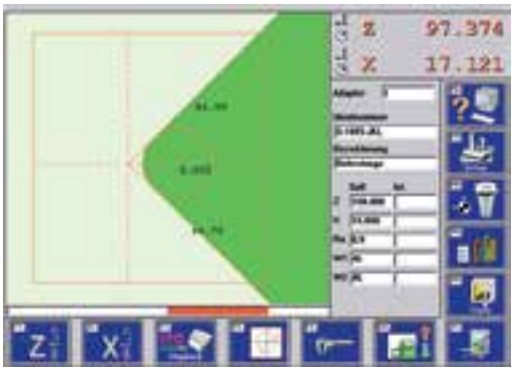
Ở một vài máy tiện việc đo dụng cụ được thực hiện trên máy. Điểm cắt P của từng dụng cụ được di chuyển đến đường chỉ chữ thập của thiết bị đo quang học và kích thước điều chỉnh đo được của dao cắt được bộ phận lưu trữ dữ liệu hiệu chỉnh dụng cụ tiếp nhận. Việc tìm ra kích thước hiệu chỉnh dụng cụ cũng có thể thực hiện qua việc cho dụng cụ chạm nhẹ *(gãi)* vào chi tiết.

Dấu (trị số) của hiệu chỉnh dụng cụ

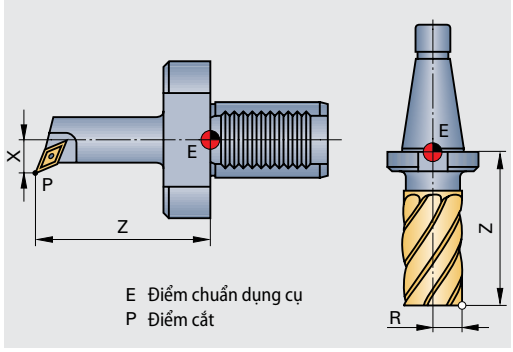
Nếu hệ điều khiển không tính các trị số hiệu chỉnh dụng cụ (thí dụ như ở T0), như thế điểm chuẩn của giá đỡ dụng cụ T trùng với trị số tọa độ đã được lập trình. Với bộ phận hiệu chỉnh dụng cụ đang hoạt động, hệ điều khiển tính kích thước điều chỉnh vào điểm chuẩn của giá mang dụng cụ (**Hình 4**). Giá mang dụng cụ sẽ được chỉnh lại sao cho điểm cắt P của dụng cụ tương ứng vào vị trí tọa độ đã được lập trình. Vì thế các trị số hiệu chỉnh phải đưa vào với dấu chính xác.



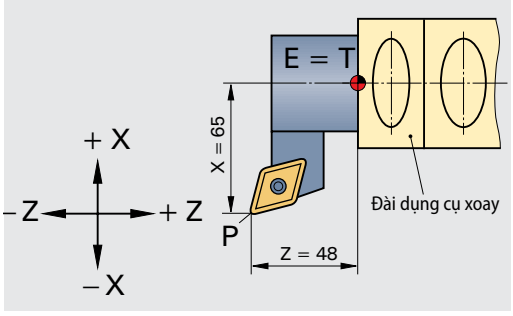
Hình 1: Đo dụng cụ ở ngoài



Hình 2: Sự hiển thị trên màn hình với phím mềm



Hình 3: Kích thước hiệu chỉnh của dụng cụ

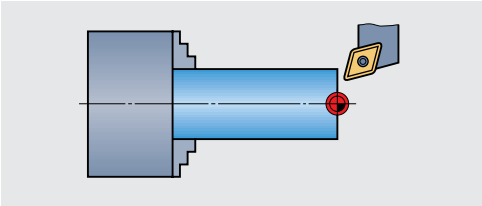


Hình 4: Trị số hiệu chỉnh của một dao tiện

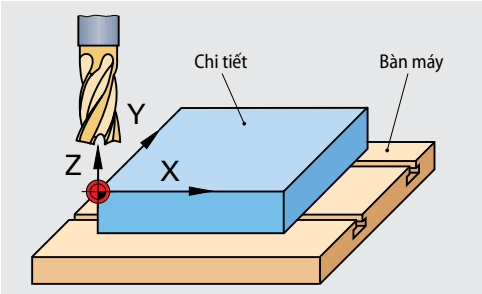
Dấu của trị số hiệu chỉnh dụng cụ và kích thước hiệu chỉnh được cung cấp qua việc dời điểm cắt P đến điểm chuẩn T của giá đỡ dụng cụ.

Ôn tập và đào sâu

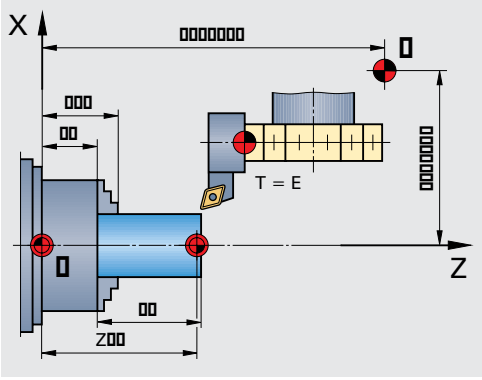
1. Dao cắt chuyển động theo hướng nào khi máy tiện được lập trình với lệnh Z-20 (**Hình 1**)?
2. Chuyển động quay của trục chính ụ trước của một máy tiện có thể điều khiển được. Trục chính quay theo hướng nào khi trị số góc quay được cho là 30^0?
3. Trong một máy phay đứng, bàn máy thực hiện một đoạn di chuyển theo hướng X và Z (**Hình 2**).
   a. Khi được lập trình với lệnh X100, bàn máy sẽ di chuyển theo hướng nào?
   b. Khi được lập trình với lệnh Z10, bàn máy sẽ di chuyển theo hướng nào?
4. Tại sao máy NC lại cần một điểm tham chiếu?
5. Ở một máy tiện, điểm tham chiếu nằm tại vị trí đã cho (**Hình 3**).
   a. Điểm chuẩn nào của máy NC trùng với điểm tham chiếu khi điểm này được chạy đến mà không có hiệu chỉnh dụng cụ đang tác động?
   b. Trị số tọa độ nào được chỉ báo (hiển thị) khi dao chạy đến điểm tham chiếu? Tọa độ X được hiển thị là trị số của đường kính.
6. Kích thước tọa độ được nhập trong hệ điều khiển dựa vào điểm gốc nào khi không có việc dịch chuyển điểm gốc đang hiệu lực?
7. Mâm cặp có kích thước đã cho (Hình 3). Hãy xác định đoạn dịch chuyển điểm gốc ZMW khi chiều dài thô của chi tiết là 80 mm. Cần 2 mm cho việc tiện mặt đầu.
8. Tối thiểu cần phải sử dụng loại điều khiển nào để tiện một phôi hình côn?
9. Hãy giải thích sự khác biệt giữa việc đo dụng cụ ở ngoài và đo dụng cụ nội bộ.
10. Hai dao cắt được đo trên một thiết bị hiệu chỉnh trước (**Hình 4**). Hãy tính ra trị số hiệu chỉnh dụng cụ X và Z cho hai dao cắt với dấu đúng.



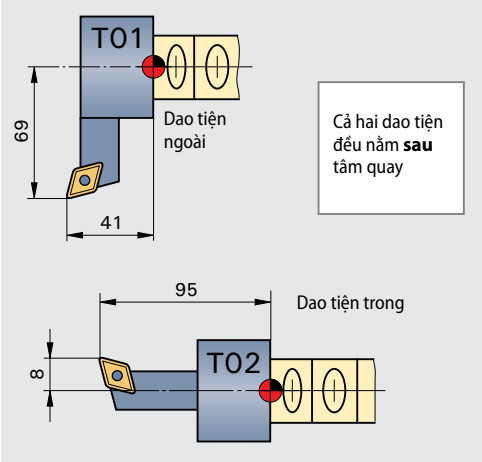
Hình 1: Việc dịch chuyển của một máy tiện



Hình 2: Xác định đoạn dịch chuyển



Hình 3: Xác định đoạn dịch chuyển điểm gốc



Hình 4: Xác định trị số hiệu chỉnh

6.7.4 Tạo chương trình CNC

Hệ điều khiển cần một chương trình để có thể gia công chi tiết trên máy NC. Một chương trình CNC cho chi tiết máy như thế chứa đựng tất cả thông tin cần thiết về lệnh chuyển mạch và đường đi cũng như các lệnh phụ trợ cho việc gia công.

■ Cấu tạo của chương trình (Bảng 1)

Một chương trình CNC để gia công chi tiết máy gồm những số chương trình và câu lệnh mô tả toàn bộ diễn tiến công việc của máy từng bước một. Từng câu lệnh được xử lý theo trình tự nối tiếp từ trên xuống dưới. Câu lệnh được đánh số theo thứ tự nối tiếp N1, N2, N3... hay nhảy quãng thí dụ như N5, N10, N15... (N=**n**umber, số, ND). Hệ điều khiển đọc trước nhiều câu lệnh để có thể thực hiện các phép tính toán. Câu lệnh được đánh số nhảy quãng cho phép các lệnh khác được chèn vào mà không cần thay đổi số của câu lệnh.

Cấu tạo câu lệnh (**Hình 1**)

Một câu lệnh gồm một hay nhiều từ được tạo thành từ một địa chỉ với chữ cái và một con số. Cách sắp xếp của các chữ trong câu lệnh được gọi là **dạng câu lệnh**. Một lệnh bắt đầu với một số, theo sau là các điều kiện về hành trình (di chuyển) hay các lệnh điều khiển chương trình khác.

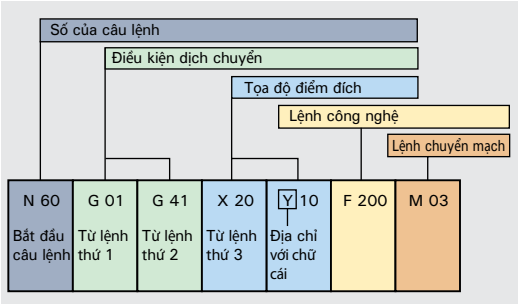
Việc điều khiển các máy NC cần các loại **lệnh** sau:

- **Điều kiện dịch chuyển** (**G**) *(điều kiện về hành trình của dụng cụ cắt)*, xác định loại chuyển động, thí dụ như di chuyển nhanh, nội suy đường thẳng hay nội suy vòng tròn, lựa chọn mặt phẳng gia công, cách định kích thước, hiệu chỉnh.
- **Lệnh hình học** (**X, Y, Z, A, B, C**...) để điều khiển chuyển động của bàn trượt
- **Lệnh công nghệ** (**F, S, T**) để xác định bước tiến (F=**f**eed, đẩy), vòng quay trục chính (S = **s**peed, vận tốc) và dụng cụ (T = **t**ool, dụng cụ).
- **Lệnh chuyển mạch** (**M**) cho các chức năng của máy như thay dụng cụ, dẫn chất làm nguội và chấm dứt chương trình.
- **Lệnh gọi các chu trình hay chương trình con** cho các đoạn chương trình thường xuyên lặp lại.

Ý nghĩa của điều kiện dịch chuyển cho dụng cụ cắt (Chức năng G) với 2 con số được chuẩn hóa (**Bảng 2**). Một vài trị số được dành riêng cho nhà sản xuất hệ điều khiển. Ý nghĩa của một phần các lệnh chuyển mạch cũng được quy định trong **Bảng 3**.

Bảng 1: Thí dụ cho cấu tạo của một chương trình

Chương trình cho chi tiết	Giải thích	
% 1000	Số chương trình	Đoạn mở đầu của chương trình
(Chốt ren)	Tên chương trình	
N5 G90	Lệnh thứ 1	
N10 G00 G53 X280 Z380 T0	Lệnh thứ 2	
N15 G59 X0 Z180	Lệnh thứ 3	
N25 G96 S180 T0606 M04		
N30 G00 X62 Z0.1		
N35 G01 X-1.6 F0.2		
N40 G00 Z2		
N285 M30	Lệnh cuối (Chấm dứt chương trình)	



Hình 1: Thí dụ cho cấu trúc câu lệnh

Bảng 2: Chức năng G (lựa chọn)

Mã số	Ý nghĩa
G00	Định vị với vận tốc nhanh
G01	Nội suy đường thẳng
G02	Nội suy vòng tròn thuận chiều kim đồng hồ
G03	Nội suy vòng tròn ngược chiều kim đồng hồ
G40	Hủy bỏ hiệu chỉnh quỹ đạo (đường bao) của dụng cụ
G41	Hiệu chỉnh đường đi của dụng cụ, dụng cụ bên trái
G42	Hiệu chỉnh đường đi của dụng cụ, dụng cụ bên phải
G53	Xóa dịch chuyển điểm gốc
G59	Dịch chuyển điểm gốc có thể lập trình được
G90	Cho kích thước tuyệt đối
G96	Vận tốc cắt không đổi
G98	Tạm thời để tự do sử dụng

Bảng 3: Chức năng M (lựa chọn)

Mã số	Ý nghĩa
M03	KHỞI ĐỘNG trục, quay phải
M04	KHỞI ĐỘNG trục, quay trái
M05	TẮT trục
M08	MỞ chất làm nguội
M09	TẮT chất làm nguội
M30	Chấm dứt chương trình với việc thiết lập lại các thông số

Thông tin về hành trình

Chức năng G (G = **g**eometric function, *chức năng hình học*) xác định cách dụng cụ cần đạt tọa độ điểm đến kế tiếp **như thế nào**. Một vài chức năng G đã sẵn sàng hoạt động sau khi bật máy và không cần phải lập trình, thí dụ như G17, G40 và G90. Trạng thái lúc khởi động này tùy thuộc vào máy và hệ điều khiển. Các chức năng G được lưu trữ đang có hiệu lực tác dụng cho đến khi được một chức năng khác với tác dụng ngược lại chép đè lên hay xóa đi (**Bảng 1**).

Điểm đích phải chạy đến được thể hiện bằng chữ cái địa chỉ của trục tương ứng và trị số tọa độ, thí dụ như X100 Y20. Ở hầu hết các hệ điều khiển, các trị số tọa độ đã lưu lại thì vẫn còn hiệu lực. Vì vậy không cần phải nhập mới lại trị số không thay đổi. Trong việc nội suy vòng tròn thì ngược lại, việc thông báo **tất cả** các tọa độ điểm đến là cần thiết, ngay cả khi không có gì thay đổi.

Với điều kiện dịch chuyển G94 vận tốc dẫn tiến của bàn trượt tương ứng với trị số được lập trình dưới chức năng F. G95 có nghĩa là trị số được lập trình dưới chức năng F được sử dụng để thực hiện chuyển động dẫn tiến với đơn vị mm/vòng. Lập trình với lệnh G96, hệ điều khiển sẽ điều chỉnh số vòng quay của trục chính sao cho trị số lập trình bằng lệnh S tương ứng với vận tốc cắt v_c. Với G97 thì vòng quay của trục chính không đổi. Nó tương ứng với trị số được lập trình với chức năng S.

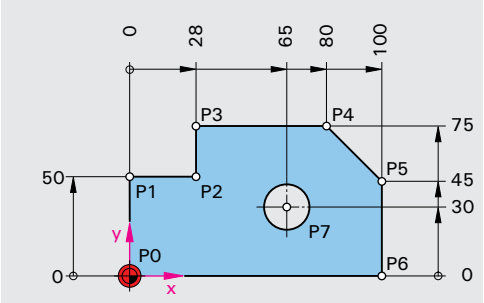
Thí dụ:

G94 F200 Vận tốc trên quỹ đạo dịch chuyển 200 mm/phút
G95 F0.2 Vận tốc dẫn tiến 0.2 mm (mỗi vòng)
G96 S180 Vận tốc cắt 180 m/phút
G97 S950 Vòng quay 950/phút

Lập trình với kích thước tuyệt đối và kích thước gia số. Trong lập trình với kích thước tuyệt đối (G90), tất cả các kích thước đều dựa vào điểm gốc của chi tiết (**Hình 1**). Việc thay đổi của một vị trí được thêm vào không ảnh hưởng đến các kích thước hành trình khác. Tùy theo nhu cầu có thể chuyển sang cách định kích thước gia số (G91) (**Hình 2**). Nơi đây các kích thước được cho dựa vào vị trí trước đó của dụng cụ. Bàn trượt chạy với đoạn đường được lập trình theo hướng dương hay âm (gia số = lượng tăng). Việc lập trình với kích thước theo gia số không lệ thuộc vào điểm gốc phôi.

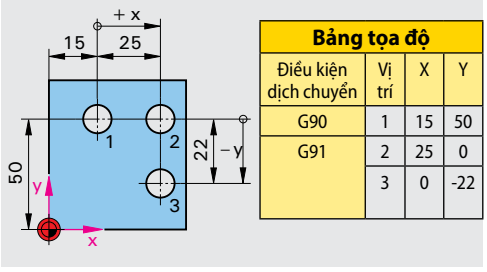
Bảng 1: Các chức năng G được lưu trữ đang có hiệu lực tác dụng

Trích dẫn từ chương trình gia công chi tiết	Giải thích
:	
N8 G00 X-20 Y-10	Định vị trong chạy nhanh
N9 Z-5	G00 đang có hiệu lực tác dụng
N10 G41	Kích hoạt hiệu chỉnh đường đi
N11 G01 X0 Y0	Nội suy đường thẳng
N12 X10 Y20	G01 đang có hiệu lực tác dụng
N13 Y 24.5	G01 đang có hiệu lực tác dụng
N14 G02 X34.5 Y30 R10	Nội suy vòng tròn theo chiều kim đồng hồ
N15 G40	Hủy hiệu chỉnh đường đi đang có hiệu lực tác dụng G41



Bảng tọa độ (G90)					
Điểm	X	Y	Điểm	X	Y
P0	0	0	P4	80	75
P1	0	50	P5	100	45
P2	28	50	P6	100	0
P3	28	75	P7	65	30

Hình 1: Kích thước tuyệt đối của một tấm



Bảng tọa độ			
Điều kiện dịch chuyển	Vị trí	X	Y
G90	1	15	50
G91	2	25	0
	3	0	-22

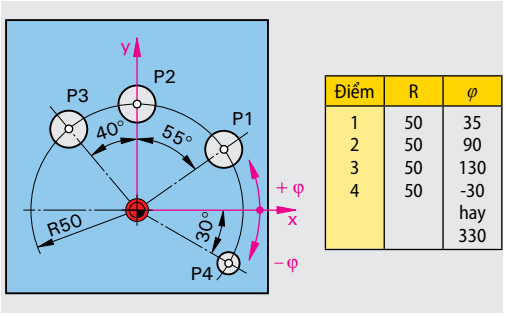
Hình 2: Kích thước theo gia số của các lỗ

Trong lập trình với kích thước tuyệt đối (G90), tất cả các kích thước đều dựa vào điểm gốc của chi tiết.

Trong lập trình với kích thước gia số (G91), lượng tăng cho điểm tới phải được cho đúng dấu (Kích thước chuỗi).

Lập trình với hệ tọa độ cực

Việc nhập tọa độ cực làm nhẹ đi công việc lập trình, khi bản vẽ chứa những trị số góc. Cho các điểm từ P1 đến P4, hệ điều khiển cần vị trí của cực, đường kính R và góc cực φ (**Hình 1**). Từ trục X dương đi ra thông tin góc ngược chiều kim đồng hồ là dương, thuận chiều kim đồng hồ là âm. Trong việc lập trình với tọa độ cực người ta cho một tọa độ đích và góc cực φ (**Hình 2**).



Điểm	R	φ
1	50	35
2	50	90
3	50	130
4	50	-30 hay 330

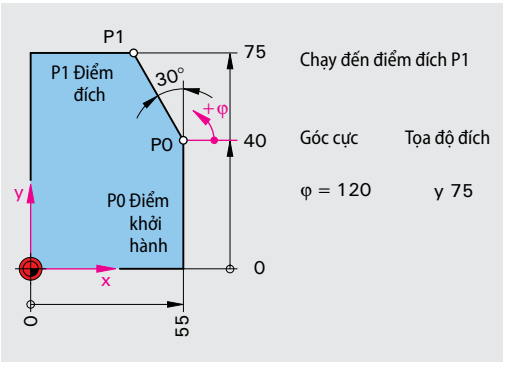
Hình 1: Vòng tròn lỗ với tọa độ cực

Nội suy đường thẳng

Khi điều kiện hành trình (điều kiện dịch chuyển) G01 được lập trình, dụng cụ chạy đến điểm đích (điểm đến) với chuyển động dẫn tiến đã được lập trình. Điểm giữa dung sai được xem là trị số tọa độ.

Nội suy vòng tròn

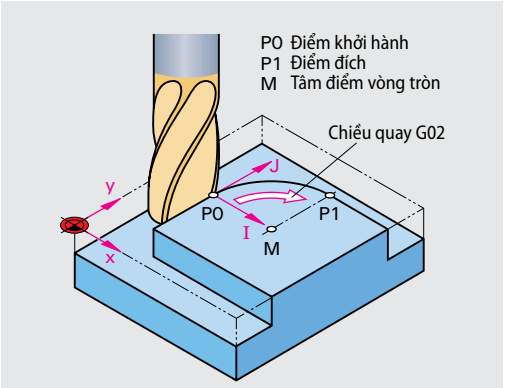
Khi bàn trượt cần thực hiện một chuyển động vòng tròn, ngoài việc chọn lựa mặt phẳng (điều khiển), hệ điều khiển cần thêm 3 thông số kỹ thuật (**Hình 3**):



Hình 2: Biên dạng chi tiết với tọa độ cực

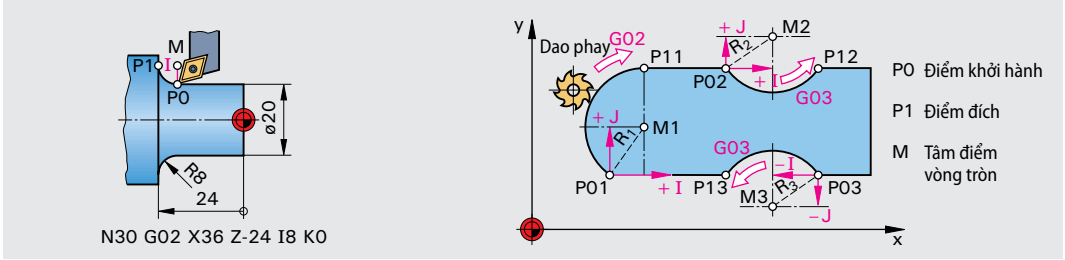
Thông số kỹ thuật cho nội suy vòng tròn

- **Chiều quay** G02 theo chiều kim đồng hồ hay G03 ngược chiều kim đồng hồ.
- **Tọa độ điểm đích** (Điểm cuối vòng tròn). Điều này luôn luôn cần thiết ngay cả khi một trong những điểm đích của vòng tròn trùng với điểm khởi đầu.
- **Vị trí tâm vòng tròn** qua việc đưa thông số tâm điểm hay bán kính.



Hình 3: Nội suy vòng tròn

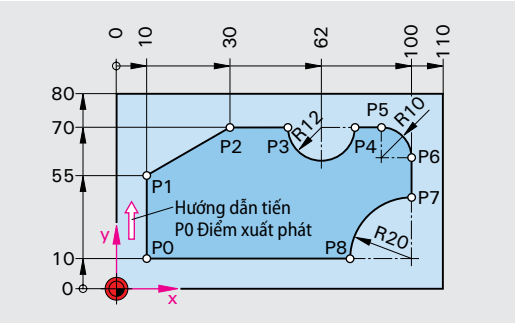
Các thông số (tham số) I, J và K cho vị trí tâm vòng tròn được phân bố cho các trục X, Y và Z (**Hình 4**). Phần lớn các hệ điều khiển, khoảng cách từ điểm khởi đầu của vòng tròn đến tâm điểm vòng tròn được thông báo qua gia số với I, J và K, kể cả khi có điều kiện hành trình G90 (kích thước tuyệt đối). Việc cho biết số liệu bằng tâm điểm với các thông số có ưu điểm so với cách lập trình bằng cách thông báo số liệu bán kính (đơn giản hơn) là hệ điều khiển nhận ra điểm đích được lập trình bị lỗi.



Hình 4: Nội suy vòng tròn trong tiện và phay

■ Lập trình của biên dạng chi tiết (contour chi tiết)

Hai chương trình, một để phay phôi (**Hình 1**) và một cho chi tiết được tiện tinh (**Hình 2**) chỉ chứa những điều kiện dịch chuyển và trị số tọa độ. Những câu lệnh trước đó cho việc dịch chuyển điểm gốc, gọi dụng cụ cắt và lệnh chuyển mạch được giải thích trong thí dụ lập trình cho chi tiết phay (Trang 549) và cho chi tiết tiện (Trang 543). Trị số tọa độ để lập trình ở mỗi câu lệnh được lấy từ điểm đích phải chạy đến. **Bảng 1** chứa một đoạn chương trình với các giải thích.

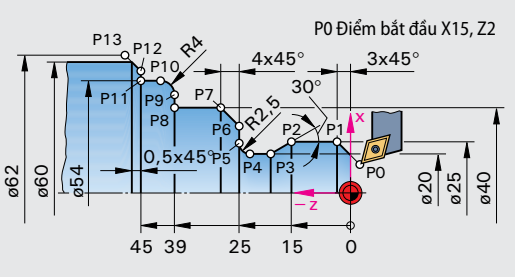


Hình 1: Tấm nền

Bảng 1: Đoạn chương trình cho việc sản xuất biên dạng chi tiết (Hình 1)

Chương trình cho chi tiết máy	Giải thích
% 1007	Khởi đầu chương trình, số chương trình
:	Những câu lệnh chuẩn bị, Lệnh gọi dao và điều chỉnh dụng cụ
N50 G01 Y55	Nội suy đường thẳng đến điểm P1
N55 X30 Y70	Nội suy đường thẳng đến điểm P2
N60 X50	Nội suy đường thẳng đến điểm P3
N65 G03 X74 Y70 I12 J0	Nội suy cung tròn ngược chiều kim đồng hồ đến điểm P4
N70 G01 X90	Nội suy đường thẳng đến điểm P5
N75 G02 X100 Y60 I0 J-10	Nội suy cung tròn theo chiều kim đồng hồ đến điểm P6
N80 G01 Y30	Nội suy đường thẳng đến điểm P7
N85 G03 X80 Y10 I0 J-20	Nội suy cung tròn ngược chiều kim đồng hồ đến điểm P8
N90 G01 X9	Nội suy đường thẳng đến 1mm qua điểm P0

Trong chi tiết tiện trị số tọa độ X phần lớn được thông báo bằng đường kính, nhờ đó các kích thước trong bản vẽ được tiếp nhận trong lập trình. Hệ điều khiển tính chuyển đổi đường kính ra rađian (Rad). Vị trí của tâm vòng tròn thông báo theo gia số từ điểm khởi đầu của vòng tròn đi ra. Trong đuôi trục (**Hình 2**) biên dạng được tiện tinh. Ở máy tiện bước tiến được lập trình với đơn vị mm mỗi một vòng. Ở biên dạng nhỏ dần, người ta phải lập trình với trị số nhỏ hơn (**Bảng 2**).



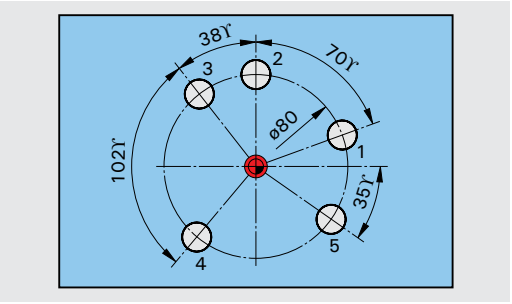
Hình 2: Tiện tinh một đót trục

Bảng 2: Đoạn chương trình cho việc tiện tinh của cổ trục phôi (Hình 2)

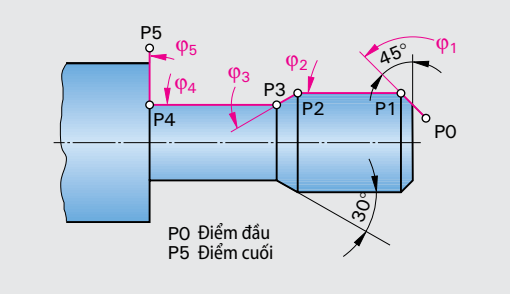
Chương trình cho chi tiết máy	Giải thích
N70 G01 X25 Z-3 F0.1	Tiện cạnh vát đến P1, dẫn tiến 0,1 mm
N75 Z-15	Tiện theo chiều dài đến điểm P2
N80 X20 Z-19.33 F0.08	Tiện với contour giảm dần đến điểm P3, vận tốc dẫn tiến nhỏ hơn
N85 Z-22.5 F0.1	Tiện theo chiều dài đến điểm P4, dẫn tiến 0,1 mm
N90 G02 X25 Z-25 I2.5 K0	Nội suy cung tròn theo chiều kim đồng hồ đến điểm P5
N95 G01 X32	Tiện mặt đầu đến P6
N100 X40 Z-29	Tiện cạnh vát đến P7
N105 Z-39	Tiện vai trục đến P8
N110 X46	Tiện mặt đầu đến P9
N115 G03 X54 Z-43 I0 K-4	Nội suy cung tròn ngược chiều kim đồng hồ đến điểm P10
N120 G01 Z-45	Tiện theo chiều dài đến điểm P11
N125 X59	Tiện mặt đầu đến P12
N130 X62 Z-46	Tiện đến điểm cuối P13 ngoài đường kính thô

Ôn tập và đào sâu

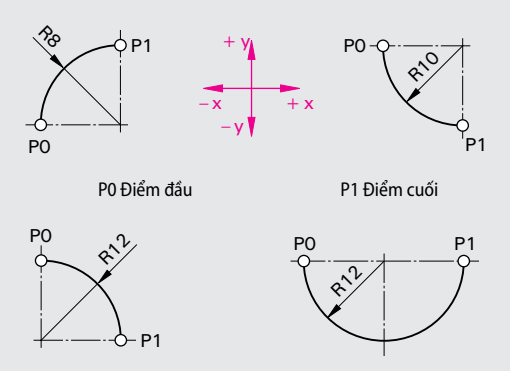
1. Chức năng G đảm nhận nhiệm vụ gì trong chương trình CNC?
2. Hãy giải thích tác dụng của những chức năng G được lưu trữ đang có hiệu lực tác dụng.
3. Lệnh lập trình như thế nào khi một chi tiết được cắt với vận tốc cố định là v_C=220n/phút?
4. Tại sao các tọa độ của chương trình con phần lớn được cho dưới dạng kích thước theo gia số?
5. Hãy tính tọa độ góc theo kích thước tuyệt đối cho các điểm từ 1 đến 5 của các lỗ trên vòng tròn (**Hình 1**).
6. Biên dạng chi tiết của chốt trục *(bu lông trục)* (**Hình 2**) cần phải được lập trình với hệ tọa độ cực. Hãy tìm góc cực φ_1 đến φ_5.
7. Hệ điều khiển cần những thông số kỹ thuật nào để thực hiện một hành trình theo dạng vòng tròn?
8. Một tấm thép cần phải được phay qua với đầu phay có đường kính 63 mm và 9 lưỡi cắt. Vận tốc cắt có trị số là 120 m/phút, dẫn tiến là 0,15 mm mỗi răng. Với những từ lệnh nào người ta phải lập trình cho vòng quay và vận tốc dẫn tiến?
9. Hãy xác định chức năng G và thông số của tâm điểm cho mỗi một cung vòng tròn (**Hình 3**)
10. Hãy lập trình các câu lệnh cho tiện tinh của biên dạng phôi (**Hình 4**). Chỉ lập trình cho những điều kiện dịch chuyển, tọa độ và thông số tâm điểm cần thiết.
11. Hãy lập trình các câu lệnh với những điều kiện dịch chuyển, tọa độ và thông số tâm điểm của bán kính cho tiện tinh của một đuôi trục (**Hình 5**).



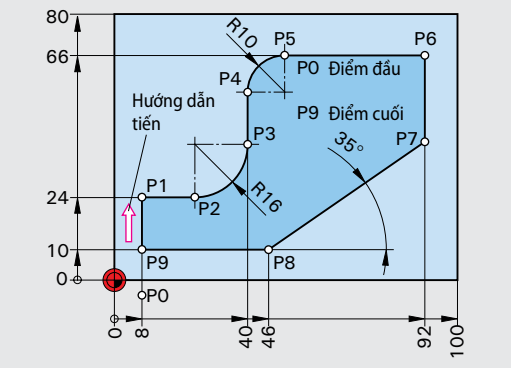
Hình 1: Vòng tròn lỗ (Lỗ trên vòng tròn)



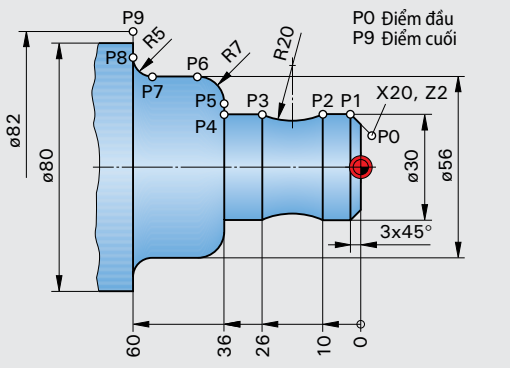
Hình 2: Chốt trục (Bu lông trục)



Hình 3: Lập trình của cung vòng tròn



Hình 4: Tấm nền



Hình 5: Đuôi trục

6.7.5 Chu trình và chương trình con

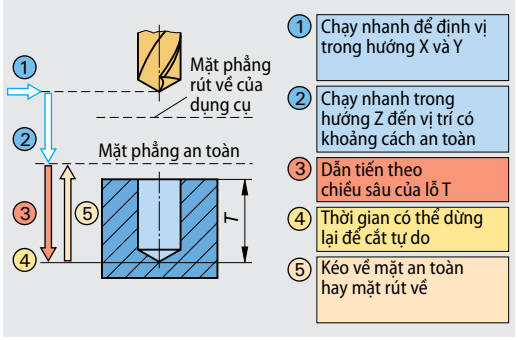
Để làm đơn giản việc lập trình, người ta sử dụng những chu trình và chương trình con.

■ Chu trình gia công

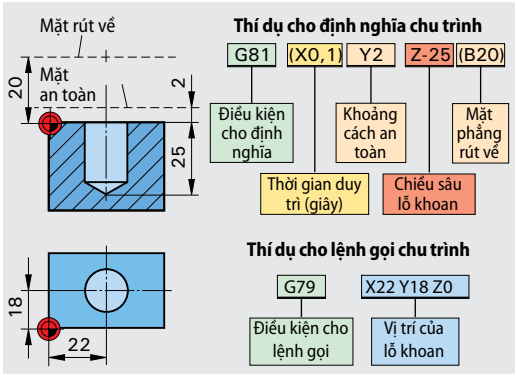
Những chuỗi gồm những bước gia công đơn lẻ thường hay xuất hiện, thí dụ như công đoạn khoan, được các nhà sản xuất hệ điều khiển lập trình trước và lưu trữ thành những **chu trình** trong hệ điều khiển (**Hình 1**). Khi lập trình, chu trình gia công sẽ được gọi bằng một lệnh duy nhất. Những lệnh dịch chuyển trong chu trình gia công được lưu trữ chưa được phân bổ các trị số tọa độ. Đó là các độ lớn thay đổi, được gọi là **thông số**. Khi lập trình, các thông số sẽ được phân phối các trị số (định nghĩa chu trình), chỉ sau đó các chu trình gia công mới được gọi lên (**Hình 2**). Ở một vài hệ điều khiển việc gọi và phân bố trị số được thực hiện bằng một câu lệnh. Dụng cụ phải được định vị ngay tại điểm mà chu trình cần bắt đầu. Tùy theo máy và nhà sản xuất, hệ điều khiển có nhiều loại chu trình khác nhau được đưa ra sử dụng, thí dụ như cho khoan, khoan sâu, khoan ren, doa, phay theo hình chữ nhật và phay túi tròn, phay lỗ dài, gia công cắt gọt ở tiện và tiện ren.

■ Chương trình con

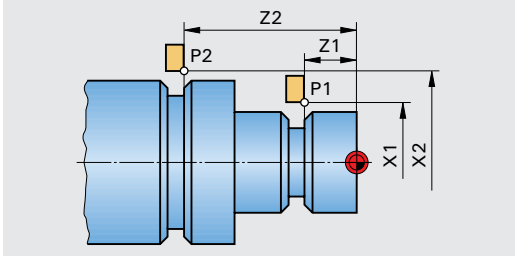
Chương trình con được soạn thảo bởi lập trình viên cho các chi tiết máy trong đó những phần tử biên dạng hoặc các chuỗi gia công xuất hiện thường xuyên hơn. Các chương trình con này được lưu trữ trong thư viện chương trình con của hệ điều khiển. Thí dụ như kích thước chích rãnh của chi tiết giống nhau, chương trình tiện chích rãnh chỉ cần lập trình một lần thành chương trình con (**Hình 3**). Sau khi định vị dao tiện chích rãnh tại điểm P1 trong chương trình chi tiết máy (chương trình chính), chương trình con được gọi lên. Trị số tọa độ của rãnh chích được nhập vào theo phương pháp gia số. Dao tiện rãnh chích nằm ở cuối chương trình lại trở về vị trí P1. Sau khi đổi sang cách nhập kích thước tuyệt đối với G90, với lệnh cuối M17 của chương trình con, hệ điều khiển lại nhảy trở lại câu lệnh của chương trình chi tiết máy mà chương trình này đã theo lệnh gọi của chương trình con. Qua lệnh gọi chương trình con mới, rãnh giống như vậy ở điểm P2 hay ở các điểm khác có thể được gia công. Chương trình con có thể gọi từ bất kỳ chương trình tạo chi tiết máy nào. Trong một chương trình con, có thể thực hiện các lệnh gọi chương trình con khác (**Hình 4**). Người ta gọi cách sắp đặt này là cấu trúc lồng vào nhau.



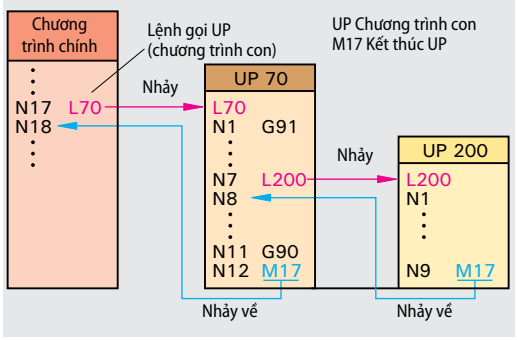
Hình 1: Trình tự dịch chuyển trong công đoạn khoan



Hình 2: Định nghĩa chu trình và lệnh gọi



Hình 3: Chốt trục (Bu lông trục)

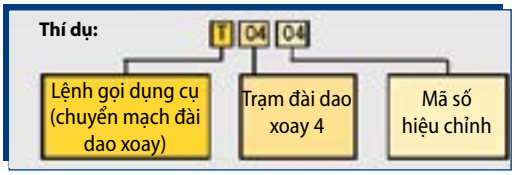


Hình 4: Cách sắp đặt lồng vào nhau của chương trình con

6.7.6 Lập trình cho máy tiện NC (máy tiện số, máy tiện điều khiển bằng số)

■ Lệnh gọi dụng cụ và hiệu chỉnh

Với địa chỉ bằng chữ cái T, người ta gọi dụng cụ trên trạm đài dao xoay đã được cho biết.

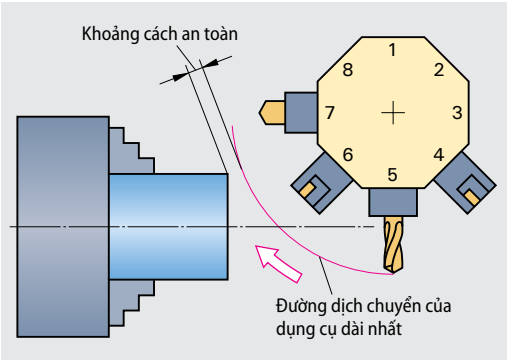


Đa số máy NC đều được vận hành theo một lôgic định hướng. Với lôgic này, đài dao xoay chuyển đổi theo chiều kim đồng hồ hoặc ngược chiều kim đồng hồ trên quãng đường ngắn hơn để đến trạm được gọi (**Hình 1**). Khi lập trình phải lưu ý đến việc đài dao xoay phải có khoảng cách đủ tính từ phôi trước khi chuyển đổi để tránh va chạm. Một số hệ điều khiển đã được trang bị với chu trình quay ngược về để tránh va chạm khi chuyển đổi. Người lập trình định nghĩa một vùng bảo vệ chung quanh chi tiết với đường kính *d* và hiệu số chiều dài *ΔZ* (**Hình 2**). Trước khi chuyển mạch, qua một lệnh gọi chu trình quay về, đài dao xoay được điều khiển tự động chạy tới vị trí bắt đầu, nơi mà dụng cụ dài nhất của nó không xâm phạm vào vùng bảo vệ. Để tính toán vị trí đài dao xoay, hệ điều khiển sẽ truy suất thông số kích thước dụng cụ được lấy từ bộ nhớ hiệu chỉnh dụng cụ. Trong bộ nhớ này tất cả kích thước hiệu chỉnh cần thiết được lưu trữ dưới mã số hiệu chỉnh tương ứng.

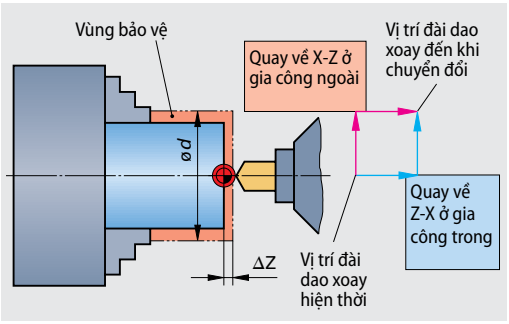
Kích thước hiệu chỉnh ở dụng cụ tiện (Hình 3):

- Độ lệch chiều dài dao Q theo trục X (Trị số hiệu chỉnh theo trục X của đầu mũi dao so với điểm chuẩn của giá đỡ dụng cụ).
- Chiều dài dao L hiệu chỉnh theo trục Z (Sai biệt tọa độ theo trục Z của đầu mũi dao so với điểm chuẩn tọa độ).
- Bán kính cắt r_ε.
- Vị trí điểm cắt P của dụng cụ dựa trên tâm điểm bán kính cắt M.

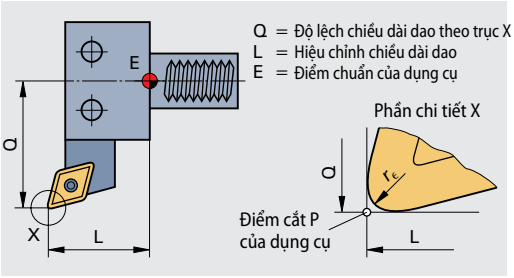
Vì việc khảo sát dụng cụ tiện xảy ra ở hướng X và Z tiếp tuyến với bán kính cắt, điểm cắt P của dụng cụ là điểm chuẩn cho điều khiển. Nhưng điểm cắt P chỉ tác động thêm chuyển động song song với trục, ở những dịch chuyển theo hướng khác sẽ có những điểm cắt tác động dẫn đến sai lệch kích thước. Để tránh những việc này, hệ điều khiển cần phải có độ lớn của bán kính cắt và vị trí điểm cắt của dụng cụ (**Hình 4**). Việc này được thể hiện qua chỉ số theo hình 4.



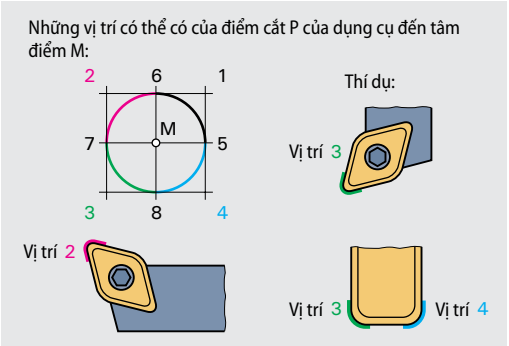
Hình 1: Chuyển đổi của đài dao xoay bởi lệnh gọi T04



Hình 2: Vùng bảo vệ và chu trình quay về



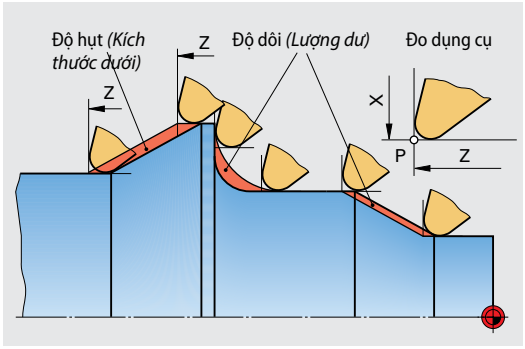
Hình 3: Kích thước hiệu chỉnh bởi dụng cụ tiện



Hình 4: Vị trí điểm cắt của dụng cụ

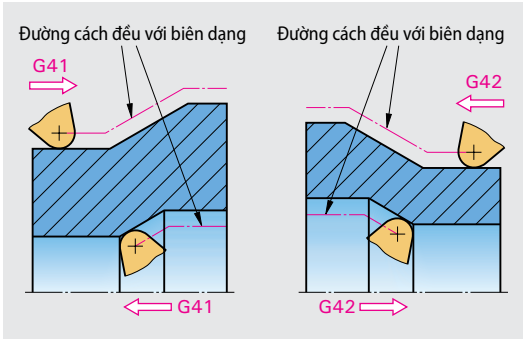
■ Bù bán kính dao cắt (gọi tắt BBKDC)

Trong lập trình những điểm đích X và Z là nơi dụng cụ cần đến. Khi chương trình khởi động, điểm cắt P của dụng cụ trùng với tọa độ được lập trình. Những điểm trung gian được tính do hệ điều khiển. Sai lệch biên dạng xảy ra qua bán kính cắt ở những dịch chuyển không song song với trục (**Hình 1**). Bán kính cắt càng lớn thì sai lệch biên dạng càng lớn. Sai lệch này được tránh khỏi, khi việc bù bán kính dao cắt BBKDC được kích hoạt qua điều kiện dịch chuyển G41 hoặc G42. Hệ điều khiển tính toán ra một quỹ đạo sao cho tâm điểm của bán kính cắt di chuyển trên đường song song có cùng một khoảng cách đều với đường biên dạng. Nhờ đó ta tránh được sai lệch biên dạng. Khi dụng cụ nằm **bên phải** của biên dạng theo chiều dẫn tiến, chức năng **G42** (bù bán kính dao cắt) được kích hoạt (**Hình 2**). Khi dụng cụ nằm **bên trái** của biên dạng theo chiều dẫn tiến, người ta lập trình với **G41**. Bù bán kính dao cắt được hủy với **G40**.



Hình 1: Độ lệch của biên dạng không có BBKDC

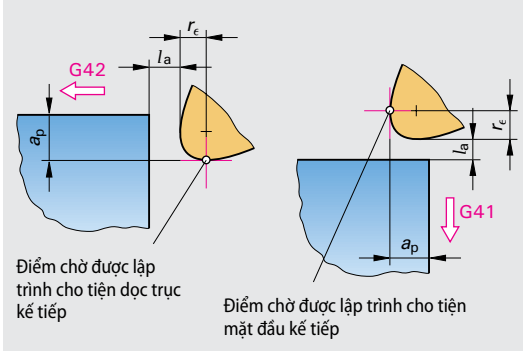
- **G41** dụng cụ **bên trái** của biên dạng
- **G42** dụng cụ **bên phải** của biên dạng



Hình 2: Bù bán kính dao cắt (BBKDC) trong trường hợp tùy thuộc vào hướng dẫn tiến

Sau khi kích hoạt với G41 hoặc G42 thì việc bù bán kính dao cắt sẽ hiệu lực ở cuối câu lệnh có hàm chứa một dịch chuyển. Ở đây dụng cụ được hiệu chỉnh sao cho chuyển động cắt được thực hiện đúng theo biên dạng kế tiếp. Khi hiệu chỉnh với BBKDC đã được kích hoạt phải lưu ý là trị số lập trình trên trục X và Z của điểm hiệu chỉnh phải đủ lớn để có một khoảng cách an toàn l_a (**Hình 3**).

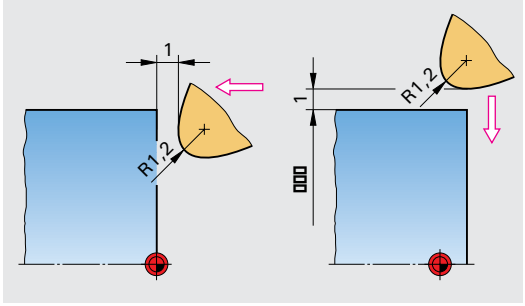
Khi hiệu chỉnh với BBKDC đã được kích hoạt, vị trí hiệu chỉnh của dụng cụ phải nằm cách cạnh của chi tiết phải chạy đến một khoảng cách bằng bán kính dao cắt và khoảng cách an toàn l_a.



Hình 3: Điểm hiệu chỉnh với BBKDC được kích hoạt

Ôn tập và đào sâu

1. Thông số nào phải lưu trữ vào trong bộ nhớ điều chỉnh dụng cụ để việc BBKDC có thể thực hiện được?
2. Việc hiệu chỉnh dụng cụ được thực hiện với BBKDC được kích hoạt (**Hình 4**). Hãy xác định các trị số tọa độ Z để lập trình cho tiện dọc trục và trị số X cho tiện mặt đầu.



Hình 4: Tiện dọc trục và tiện mặt đầu với BBKDC được kích hoạt

■ Chu trình gia công

Chu trình gia công cho những trình tự công việc kế tiếp luôn luôn vận hành giống nhau làm đơn giản hóa việc lập trình. Ở những hệ điều khiển khác nhau, lập trình của chu trình sẽ khác biệt.

Chu trình cắt gọt

Người ta áp dụng chu trình cắt gọt cho tiện thô và tiện tinh chi tiết. Tùy theo chi tiết mà chuyển động bước tiến sẽ chạy theo hướng tâm hay hướng trục (**Hình 1**). Biên dạng hoàn chỉnh của phôi được lưu trữ trong một chương trình con. Việc chia lớp cắt được thực hiện tự động thông qua hệ điều khiển. Cả những tọa độ cần thiết cho từng bước gia công cũng được tính bởi hệ điều khiển. Người ta chỉ cần ít câu lệnh trong chương trình chi tiết để thực hiện việc tiện thô và tiện tinh (**Hình 2**).

Sau lệnh gọi dụng cụ ở câu lệnh 40 thì dụng cụ chạy đến điểm khởi đầu phụ theo câu lệnh 45. Ở câu lệnh 50 vận tốc cắt cố định được lập trình với G96. Những thông số cho tiện thô được nạp ở câu lệnh 55 (**Bảng 1**). Thông số là biến số thay đổi (đại lượng thay đổi), được thiết lập qua chu trình cắt gọt.

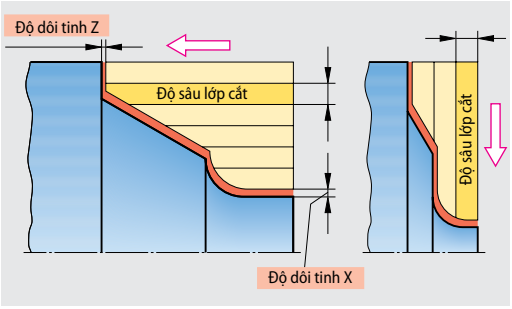
Bảng 1: Thông số cho chu trình cắt gọt

R20 Số của chương trình con của biên dạng hoàn chỉnh
R21 Điểm xuất phát X của biên dạng hoàn chỉnh (P0)
R22 Điểm xuất phát Z của biên dạng hoàn chỉnh (P0)
R24 Độ dôi tinh X
R25 Độ dôi tinh Z
R26 Chiều sâu cắt
R27 Điều kiện dịch chuyển cho BBKDC
R29 Loại cắt gọt (thô hoặc tinh, tiện dọc trục hoặc tiện mặt đầu, tiện trong hoặc tiện ngoài)

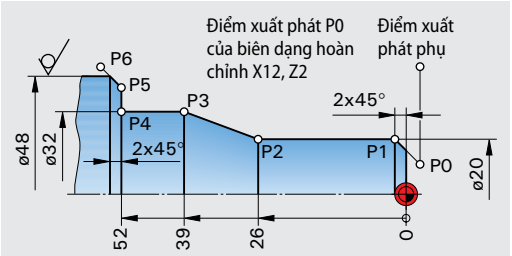
Với lệnh gọi L95 ở câu lệnh 60 thì phôi được tiện thô trước với bước dẫn tiến 0,3 mm. Sau khi đài dao xoay quay trở về đến vị trí thay đổi dụng cụ ở câu lệnh 70, việc thay đổi dụng cụ và lập trình của những số liệu cắt mới trong câu lệnh 75 được nạp vào câu lệnh 90 các thông số cho việc tiện tinh. Với lệnh gọi L95 ở câu lệnh 95 thì biên dạng được tiện hoàn chỉnh với bước dẫn tiến 0,1 mm. Những câu lệnh của chương trình cho biên dạng hoàn chỉnh được quy định trong chương trình con L10.

Chu trình tiện ren

Với tiện ren thì mỗi lần cắt được thực hiện với cùng tốc độ quay của trục chính. Cho việc tăng tốc và hãm lại của bộ phận trượt của đài dao xoay, người ta cần đến quãng đường chạy vào và chạy ra (**Hình 3**).



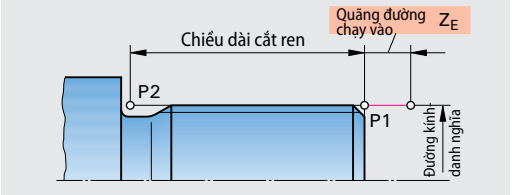
Hình 1: Chu trình tiện dọc trục và tiện bề mặt (chu trình cắt gọt)



Trích từ chương trình chi tiết

```
N40   T0707 G95 S1273 M4
N45   G0 X50 Z5
N50   G96 S200
N55   R2010 R2112 R222 R240.5 R250.1 R264
      R2742 R2931
N60   L95 F0.3
N65   G95 S1522
N70   L920
N75   T0808 G95 S1522 M4
N80   G0 X50 Z5
N85   G96 S240
N90   R2010 R240 R250 R2742 R2921
N95   L95 F0.1
:
L10   (chương trình con cho biên dạng)
N5    G1 X20 Z-2    (P1)
N10   Z-26          (P2)
N15   X32 Z-39      (P3)
N20   Z-52          (P4)
N25   X44          (P5)
N30   X50 Z-55      (P6)
N35   M17          (chương trình con kết thúc)
```

Hình 2: Thí dụ về chương trình cho một chu trình cắt gọt



P2 Điểm cuối của cắt ren kể cả quãng đường chạy ra
P1 Điểm đầu của cắt ren

Hình 3: Chu trình tiện ren

Kích thước của quãng đường chạy vào phôi và chạy ra khỏi phôi của dao cắt tùy thuộc vào khối lượng tăng tốc của bàn trượt với đài dao xoay, được diễn tả qua chỉ số đặc trưng máy K và vận tốc dẫn tiến của nó.

Thí dụ: Tiện ren loại M24x1,5 với v_c = 150m/phút. Tính *n* và quãng đường chạy vào Z_E (chỉ số máy *K*= 600/phút)

Giải: $$n = \frac{V_c}{d \,.\, \pi} = \frac{150.000 \text{ mm/phút}}{24 \text{ mm} \,.\, \pi} = \mathbf{1990/phút}$$

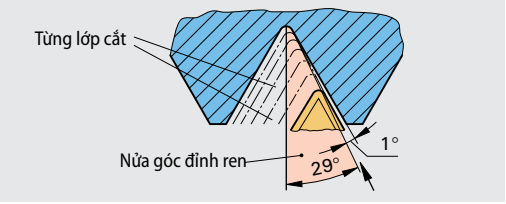
$$z_E = \frac{P \,.\, n}{K} = \frac{1{,}5 \text{ mm} \,.\, 1999/\text{phút}}{600/\text{phút}} = \mathbf{5 \text{ mm}}$$

Người ta có thể gán cho đoạn đường chạy ra trị số bằng 0. Sau đó bàn trượt của đài dao xoay phải hãm lại ở vị trí nào được tự động xác định qua hệ điều khiển. Nếu cần đoạn đường dao chạy vào và chạy ra ngắn, người ta phải hạ vận tốc vòng quay, từ đó vận tốc dẫn tiến giảm xuống.

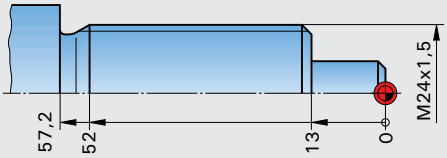
Để chế tạo ren, hệ điều khiển được sử dụng cần các thông số theo **Bảng 1**. Nếu tọa độ trục X của điểm cuối khác biệt với điểm khởi đầu, như vậy người ta có thể tiện ren côn. Việc cung cấp số liệu về góc đỉnh ren là cần thiết vì nhờ đó chuyển động tiến cắt của hông dao có thể thực hiện được để tạo phoi tốt hơn (**Hình 1**). Ở trích đoạn của chương trình tiện ren, trong câu lệnh N80 dụng cụ được chạy đến điểm xuất phát phụ (**Hình 2**). Những thông số cắt gọt cần thiết được nạp vào trong các câu lệnh N85 và N90. Với lệnh gọi chu trình tiện ren L97 ở câu lệnh N95 đưa đến chấm dứt hoạt động của chương trình con. Ở một vài hệ điều khiển, những thông số được lập trình chung với một chức năng G, qua đó chu trình tiện ren được khởi động.

Bảng 1: Thông số cho chu trình tiện ren

R20	Bước ren
R21	Điểm xuất phát ở trục X (tuyệt đối)
R22	Điểm xuất phát ở trục Z (tuyệt đối)
R23	Số lần cắt không tải
R24	Độ sâu ren (gia số, với dấu)
R25	Độ sâu phoi trong tiện tinh (gia số, không dấu)
R26	Đoạn chạy vào phôi của dao cắt Z_E (gia số, không dấu)
R27	Đoạn chạy ra khỏi phôi của dao cắt (gia số, không dấu)
R28	Số lần cắt thô
R29	Nửa góc đỉnh ren (gia số, không dấu)
R30	Điểm cuối ở trục X (tuyệt đối)
R31	Điểm cuối ở trục Z (tuyệt đối)



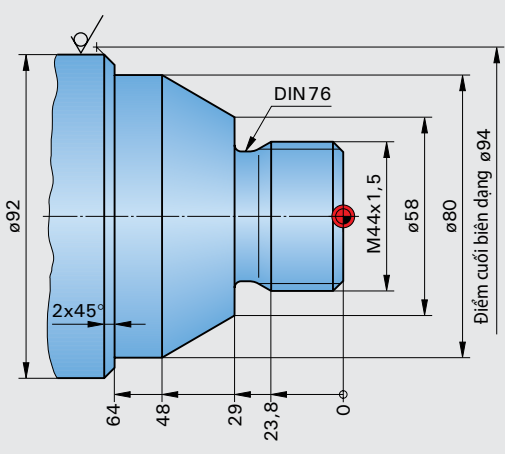
Hình 1: Chuyển động tiến cắt của hông dao trong tiện ren



Trích từ chương trình chi tiết

```
:
:
N80  G0 X25 Z5
N85  R201.5 R2124 R22-13 R232 R24-0.92 R250.06 R265
N90  R270 R286 R2929 R3124 R32-56
N95  L97
```

Hình 2: Chương trình thí dụ cho một chu trình cắt ren



Hình 3: Chốt trục

Ôn tập và đào sâu

1. Tại sao trong tiện ren cần đến quãng đường chạy vào phôi và thoát khỏi phôi?
2. Chiều dài của những quãng đường này tùy thuộc vào những độ lớn nào?
3. Qua những biện pháp nào đường chạy vào phôi và thoát khỏi phôi trong tiện ren được làm ngắn lại?
4. Hãy viết một trích đoạn của chương trình chi tiết cho tiện thô và tiện hoàn chỉnh của chốt trục theo Hình 3 và chương trình phụ của nó cho biên dạng hoàn chỉnh.
5. Răng của chốt trục (**Hình 3**) được tiện với vận tốc v_C = 150m/phút. Chỉ số của máy *K* = 600/phút. Hãy xác định thông số của chu trình tiện ren.

■ Những đoạn đường bao (Những đoạn biên dạng)

Việc ứng dụng những đường bao làm cho công việc lập trình dễ dàng hơn. Ở phần lớn các hệ điều khiển, ta có thể thêm vào ở cuối câu lệnh với dịch chuyển những lệnh chương trình cho phép đưa vào bán kính, cạnh vát hoặc chích rãnh thoát (**Hình 1**). Để tính toán những điểm chuyển tiếp, hệ điều khiển cần bổ sung thêm một câu lệnh tiếp theo với chuyển động vận hành.

Cũng như thế **trục tọa độ cực** giúp cho việc lập trình dễ dàng hơn (**Hình 2**). Với việc cho biết góc xuất phát từ trục Z dương và điểm đích hoặc ở hướng X hay hướng Z, có thể loại bỏ được việc tính toán những điểm biên dạng khi cho biết góc. Ở những câu lệnh như thế người ta có thể thêm vào bán kính hoặc cạnh vát.

Với việc thông tin 2 lần về góc và lập trình điểm đích, hệ điều khiển có thể tính toán điểm cắt của cả hai đoạn thẳng (**Hình 3**). Bán kính hoặc cạnh vát có thể được thêm vào tại điểm chuyển tiếp. Nếu tiếp theo là câu lệnh khác cho một chuyển động vận hành, ta cũng có thể đưa vào một bán kính hoặc cạnh vát ở chỗ chuyển tiếp này.

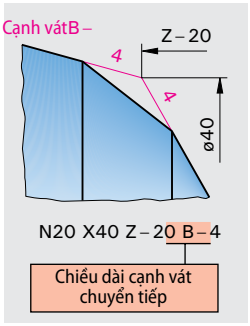
Thí dụ: Chốt trục (**Hình 4**).

Với việc áp dụng những đường bao người ta nhận được chương trình đơn giản như sau cho việc tiện biên dạng hoàn chỉnh:

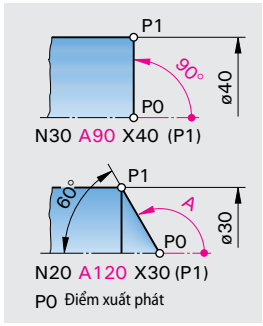
N5 G1 A90 A150 Z32 Z-4	(P1)
N10 Z-18	(P2)
N15 A210 A180 X26 Z-32 B0.8 B0.8	(P3)
N20 A90 A180 X48 Z-50 B-1 B5	(P4)
N25 A90 A140 X96 Z-68 B4	(P5)

■ Tiện chích rãnh

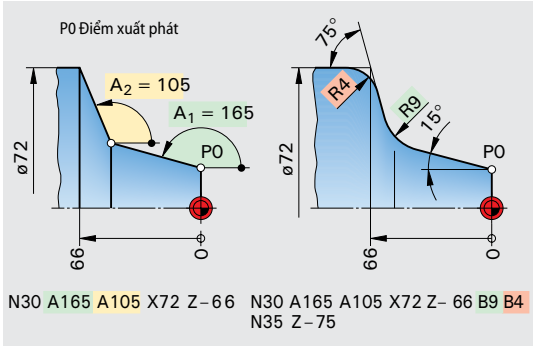
Khi rãnh chích được tiện với những độ nghiêng và bán kính, cả hai góc cắt của dao tiện chích rãnh được đưa vào sử dụng (**Hình 5**). Để tránh làm sai lạc biên dạng, người ta ứng dụng phương pháp BBKDC. Dao tiện chích rãnh T09 với bề rộng b được đo tại cả hai góc cắt và nhận được một số hiệu chỉnh khác cho vị trí điểm cắt A3 so với vị trí điểm cắt A4. Sau khi đặt dao tiện chích rãnh T0909 vào cho ra trước tiên một rãnh sâu ở giữa rãnh. Sau khi đi lùi và điều chỉnh dao cắt đến điểm xuất phát S1 thì biên dạng trái được tiện với T0909 và kích hoạt BBKDC G41. Sau khi chuyển đổi qua T0910 (cùng một trạm đài dao xoay nhưng số hiệu chỉnh khác) thì biên dạng phải sẽ được tiện từ điểm xuất phát S2 với lệnh kích hoạt BBKDC G42.



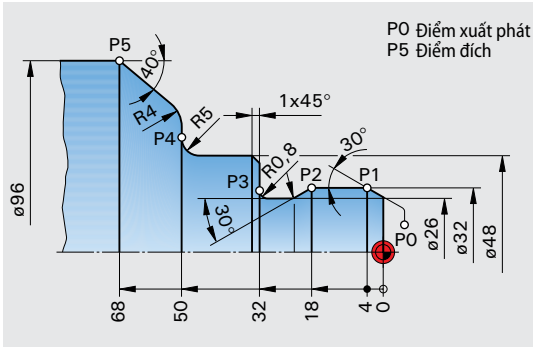
Hình 1: Thêm vào một cạnh vát



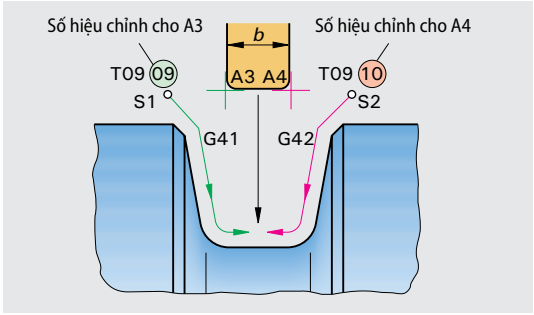
Hình 2: Trục tọa độ cực



Hình 3: Thông tin 2 lần về góc và việc đưa vào bán kính



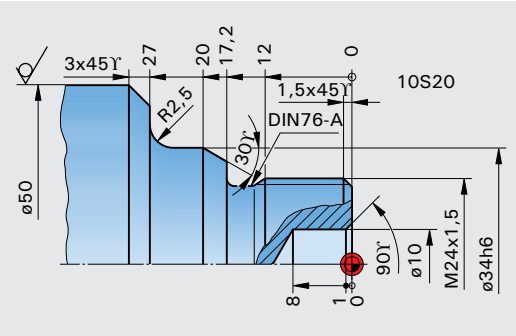
Hình 4: Chốt trục



Hình 5: Tiện chích rãnh

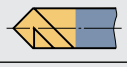
■ Thí dụ về chương trình cho một chi tiết tiện

Trước khi tạo chương trình tiện khớp nối có ren (**Hình 1**) thì đầu tiên phải chọn lựa dụng cụ (**Bảng 1**) và thiết lập bảng chuẩn bị số liệu cắt (**Bảng 2**). Trừ những lệnh điều khiển riêng biệt của hệ điều khiển, việc lập trình trong thí dụ này được thực hiện theo tiêu chuẩn kỹ nghệ Đức (DIN). Chương trình của một hệ điều khiển công nghiệp được trình bày (**Bảng 3**) và việc lập trình theo PAL[1)] (**Bảng 1, trang 544**).



Hình 1: Khớp nối có ren từ thép chuẩn hóa (thép da láng)

Bảng 1: Những dụng cụ được đưa vào gia công

Số dụng cụ (Số PAL)	Tên dụng cụ	
T101 (T1)	Mũi khoan khởi động NC Ø16 HSS, phải	
T606 (T6)	Dao tiện mặt đầu r_ε 0.8 HC-P20, trái	
T707 (T7)	Dao tiện cạnh r_ε 0.6	
T808 (T8)	Dao tiện cạnh r_ε 0.4 HC-P20, trái, 55°	
T1111 (T11)	Dao tiện ren HC-P20, phải	Kẹp trên đầu
T1212 (T12)	Mũi khoan xoắn Ø10 HSS, phải	

Bảng 2: Bản thiết lập (đơn giản hóa)

Bản thiết lập	Khớp nối có ren		Chương trình số 1000	
Sự dịch chuyển của điểm không: X0 Z175				
Bước gia công	Dụng cụ	r_ε	v_c m/phút	f_{mm}
1 Khỏa mặt (tiện mặt đầu)	T0606	0.8	200	0.2
2 Tiện thô biên dạng ngoài	T0707	0.8	200	0.3
3 Hướng tâm	T0101		40	0.15
4 Khoan Ø10	T1212		40	0.15
5 Tiện hoàn chỉnh biên dạng ngoài	T0808	0.4	350	0.1
6 Tiện ren	T1111		200	1.5

Bảng 3: Chương trình chi tiết và chương trình con cho khớp nối có ren (R00... R99 là thông số cho chu trình)

Câu lệnh -Số	Lệnh trong chương trình	Giải thích
% 1000 (Khớp nối có ren)		*Số chương trình (diễn giải)*
N5	G90 G0 G53 X280 Z380 T0	Cho kích thước tuyệt đối, tiếp cận điểm xuất phát với vận tốc chạy dao nhanh (không cắt), Bỏ qua dịch chuyển của điểm gốc, Tắt lệnh hiệu chỉnh dụng cụ
N10	G59 X0 Z175	Dịch chuyển của điểm gốc có thể lập trình được
N15	R1830 R195	Xác định vùng bảo vệ với bán kính 30 (X=60) và chiều dài Z=5
N20	G92 S5000	Giới hạn tốc độ quay 5000 1/phút
N25	T0606 G96 S200 M4	Gọi dụng cụ, vận tốc cắt cố định 200m/phút, trục quay ngược chiều kim đồng hồ
N30	G0 X52 Z0 M8	Đặt dao vào điểm chờ, tiện khỏa mặt (tiện mặt đầu), khoảng cách an toàn 1mm, cho vào chất bôi trơn làm nguội.
N35	G1 X-1.6 F0.2	Khỏa mặt (tiện mặt đầu) không có bavia hình nón (-X=2 · Bán kính góc) với dẫn tiến 0,2 mm
N40	G0 Z1	Nhấc dao ra với vận tốc nhanh (không cắt)
N45	G95 S1158	Vận tốc quay cố định cho chu trình quay về (G95 là lệnh riêng biệt cho hệ điều khiển)
N50	L920	Quay về đến điểm thay đổi dụng cụ để chuyển mạch không bị va chạm
N55	T0707 S1158 M4	Thay đổi dụng cụ, S và M cho việc trở về trong chương trình
N60	G0 X55 Z5 M8	Di chuyển đến điểm xuất phát phụ, cho vào chất bôi trơn làm nguội
N65	G96 S200	Vận tốc cắt cố định 200 m/phút
N70	R2010 R2177 R222 R240.5 R250.2 R264 R2742 R2931	Thông số cho chu trình cắt gọt bên ngoài, số chương trình con, điểm xuất phát X và Z, độ dôi X, độ dôi tinh Z, chiều sâu lớp cắt, BBKDC, loại cắt gọt thô bên ngoài
N75	L95 F0.5	Gọi chu trình cắt gọt với vận tốc dẫn tiến 0,5 mm
N80	L920	Quay về điểm thay đổi dụng cụ
N85	T0101 G95 S1071 M3	Thay đổi dụng cụ, vận tốc quay cố định, trục quay chiều phải (theo chiều kim đồng hồ)
N90	G0 X0 Z1 M8	Di chuyển dao vào vị trí chờ với khoảng cách an toàn, cho vào chất bôi trơn làm nguội
N95	G1 Z-6 F0.15	Chỉnh tâm và cạnh vát với vận tốc dẫn tiến 0,15 mm
N100	L910	Quay về theo hướng Z-X đến điểm thay đổi dụng cụ
N105	T1212 S1273 M3	Thay đổi dụng cụ, S và M cho câu lệnh tới

1) PAL: lập trình theo PAL (**P**rüfungs- **A**ufgaben und **L**ehrmittelentwicklungsstelle), ngôn ngữ lập trình cho huấn luyện CNC của Cơ Quan Phát Triển Phương Tiện Giảng Dạy, Sát Hạch và Làm Bài Tập (Đức)

Tiếp theo Bảng 3 (trang 543)

N110	G0 X0 Z1 M8	Di chuyển đến vị trí bắt đầu khoan, mở chất bôi trơn làm nguội.
N115	G1 Z-11 F0.15	Khoan với độ sâu lỗ khoan cộng chiều dài của đoạn đầu mũi khoan với vận tốc dẫn tiến 0,15 mm
N120	L910	Quay lại theo hướng Z-X về điểm thay đổi dụng cụ
N125	T0808 G96 S350 M4	Thay đổi dụng cụ, vận tốc cắt cố định 350 m/phút, quay chiều trái
N130	G0 X50 Z5	Di chuyển đến điểm xuất phát phụ
N135	R2010 R240 R250 R2742 R2921	Thông số cho chu trình cắt gọt, độ dôi tinh 0, BBKDC, loại cắt gọt: tiện tinh
N140	L95 F0.1	Lệnh gọi chu trình, tiện tinh với dẫn tiến 0,1 mm
N145	L920	Quay lại theo hướng X-Z về điểm thay đổi dụng cụ
N150	T1111 G95 S1990 M3	Thay đổi dụng cụ, trục quay theo chiều phải với tốc độ quay cố định
N155	G0 X30 Z5	Dịch chuyển đến điểm xuất phát phụ
N160	R201.5 R2 R201.5 R2124 R220 R232 R24-0.92 R250.06 R265 R270	Thông số cho chu trình cắt ren, bước ren, điểm xuất phát ở X và Z, cắt không tải, chiều sâu cắt ren, độ sâu phoi trong tiện tinh, đoạn chạy vào phôi của dao cắt, đoạn chạy ra khỏi phôi của dao cắt
N165	R286 R2929 R3124 R32-16	Số lần cắt thô, nửa góc prôphin ren, điểm cuối ở X và Z
N170	L97	Lệnh gọi chu trình
N175	G0 G53 X280 Z380 T0 M5	Tiếp cận điểm xuất phát với vận tốc chạy dao nhanh (không cắt), bỏ qua dịch chuyển điểm gốc, tắt hiệu chỉnh dao cắt, tắt trục
N180	M30	Chương trình chấm dứt và thiết lập lại

Chương trình phụ L10 phải được lưu trữ trong bộ nhớ chương trình phụ

L10		Chương trình phụ cho biên dạng hoàn chỉnh
N5	G1 X24 Z-1.5	Tiện cạnh vát ren
N10	Z-12	Tiện dọc trục
N15	A210 A180 X20.5 Z-17.2 B0.8 B0.8	Đường bao cho rãnh xén của ren
N20	A90 A150 X33.992 Z-20	Đường bao cho mặt phẳng mặt đầu và cạnh vát 30^0
N25	A180 A90 X44 Z-27 B2.5	Đường bao tiện dọc trục và tiện khỏa mặt (tiện mặt đầu) với bán kính được thêm vào
N30	A135 X52	Tiện cạnh vát 1mm trên đường kính ngoài
N35	M17	Chương trình con chấm dứt

Bảng 4: Chương trình chi tiết cho khớp nối có ren theo PAL[1)]

Số câu lệnh	Lệnh trong chương trình	Giải thích
N1	G54	Dịch chuyển điểm gốc từ điểm không của máy đến điểm không của phôi
N2	G92 S5000	Giới hạn tốc độ quay ở 5000 phút $^{-1}$
N3	G14 ;Tiện khỏa mặt (tiện mặt đầu)	Tiếp cận điểm thay đổi-dụng cụ Diễn giải trình tự gia công
N4	T6 G95 F0.5 G96 S200 M4	Dụng cụ T6 thay vào, f = 0,5mm, $v_{\varepsilon\ cố\ định}$ = 200m/phút, trục quay theo chiều trái
N5	G0 X52 Z0.2 M8	Định vị trong chạy dao nhanh (không cắt), lượng dư gia công tinh 0,2mm, mở chất bôi trơn làm nguội.
N6	G1 X-1.6	Khỏa mặt (tiện mặt đầu) đến 2-r_E qua tâm điểm tiện
N7	G0 Z1	Kéo dao ra
N8	G14 M9 ;Gia công thô dọc theo biên dạng	Tiếp cận điểm thay đổi-dụng cụ, tắt chất bôi trơn làm nguội.
N9	T7 G95 F0.5 G96 S200 M4	T7, f = 0,5 mm, v_{ε} = 200 m/phút, trục quay – chạy bên trái
N10	G0 X50 Z1 M8	Định vị trong chạy dao nhanh (không cắt), mở chất bôi trơn làm nguội.
N11	G81 D1.5 AX0.5 AZ0.2 ; Mô tả biên dạng	Chu trình tiện thô dọc trục, điều chỉnh bước tiến ngang 1,5 mm, độ dôi ở trục X 0,5 mm, ở Z 0,2 mm
N12	G1 X21 Z0	Điểm biên dạng thứ 1 của biên dạng hoàn chỉnh
N13	G1 X24 Z-1.5	Cạnh vát của ren
N14	G85 X24 Z-17.2 1.15 K5.2	Chu trình rãnh xén cho ren, những điểm cuối ở X và Z, độ sâu và bề rông rãnh xén
N15	G1 X30.759	Tiện khỏa mặt (tiện mặt đầu) đến Ø X = (33,992 -2 . 1,6166) mm = 30,759 mm
N16	G1 X33.992 Z-20	Cạnh vát 30^0 đến Z-20 mm và Ø34 h6 với tâm dung sai = 33,992 mm
N17	G1 Z-27 RN2.5	Tiện dọc trục và bo cạnh tròn với R=2,5 mm cho phần tử biên dạng tiếp theo.

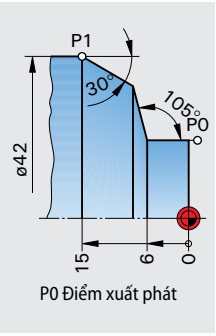
1) PAL: **P**rüfungs- **A**ufgaben und **L**ehrmittelentwicklungsstelle, ngôn ngữ lập trình cho huấn luyện CNC

Tiếp theo Bảng 4 (trang 544)

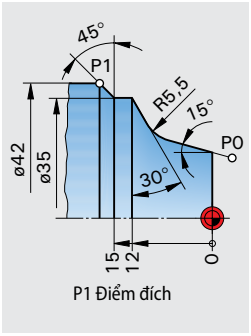
N18	G1 X44	Tiện khỏa mặt (tiện mặt đầu) đến X = 44 mm
N19	G1 X52 Z-31	Cạnh vát 3 x 45^0 (điểm biên dạng cuối cùng nằm cách đường kính ngoài 1 mm)
N20	G80	Kết thúc mô tả biên dạng
N21	G14 M9 ; Định tâm và vát cạnh	Khởi động chạy đến điểm thay đổi dụng cụ, tắt chất bôi trơn làm nguội.
N22	T1 G95 F0.15 G97 S1061 M3	T1, f = 0,15 mm, n = 1061 phút^{-1}, trục quay theo chiều phải.
N23	G0 X0 Z1 M8	Định vị, cho vào chất bôi trơn làm nguội
N24	G84 ZA-6 U0.101	Chu trình khoan định tâm, Z= -(0.5 . 10 + 1)mm = -6 mm, thời gian duy trì kéo dài 0,1s
N25	G14 M9 ;Khoan	Khởi động chạy đến điểm thay đổi dụng cụ, tắt chất bôi trơn làm nguội.
N26	T12 G95 F0.15 G97 S1273 M3	T12, f = 0,15 mm, n = 1273 phút^{-1}, trục quay theo chiều phải
N27	G0 X0 Z1 M8	Định vị, cho vào chất bôi trơn làm nguội
N28	G84 ZA-6 U0.101	Chu trình khoan cho bước gia công khoan, Z= -(8+0,3.10) mm = -11 mm, thời gian duy trì kéo dài 0,1 s
N29	G14 M9 ;Gia công tinh biên dạng	Khởi động chạy đến điểm thay đổi dụng cụ, tắt chất bôi trơn làm nguội
N30	T8 G95 F0.1 G96 S350 M4	T8, f = 0,1 mm, v_ε = 350 m/phút, trục quay theo chiều trái
N31	G0 X0 Z1 M9	Định vị, cho vào chất bôi trơn làm nguội
N32	G42	Hiệu chỉnh bán kính cắt theo hướng dẫn tiến bên phải của biên dạng
N33	G1 Z0	Điểm biên dạng thứ nhất (dao cắt còn bên ngoài chi tiết)
N34	G23 N12 N19	Lập lại một phần chương trình từ câu lệnh 12 đến câu lệnh19
N35	G40	Dừng hiệu chỉnh bán kính cắt
N36	G14 M9 ;Cắt ren ngoài M24x1,5	Khởi động chạy đến điểm thay đổi-dụng cụ, tắt chất bôi trơn làm nguội.
N37	T11 G97 S2653 M3	T11, n = 2653 mm^{-1}, trục quay theo chiều phải (dụng cụ được kẹp ở trên đầu)
N38	G0 X24 Z5 M8	Định vị, khoảng cách ở hướng – Z tối thiểu 3.P, cho vào chất bôi trơn làm nguội
N39	G31 X24 Z-16 F1.5 D0.92 06 02 H14	Chu trình cắt ren, điểm cuối X = 24 mm/Z = -16 mm, P = 1,5 mm, t = 0,92 mm, 6 lần cắt, 2 lần cắt không tải, luân phiên thay đổi dẫn tiến ngang được giảm đi.
N40	G14 M9	Khởi động chạy đến điểm thay đổi dụng cụ, tắt chất bôi trơn làm nguội.
N41	M30	Kết thúc chương trình chính, trở về khởi đầu của chương trình

Ôn tập và đào sâu

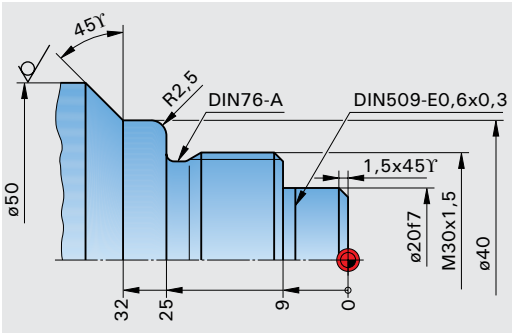
1. Hãy lập trình biên dạng hoàn chỉnh (**Hình 1**) với trục tọa độ cực.
2. Hãy lập trình những gờ trục (**Hình 2**) với trục tọa độ cực và bán kính chuyển tiếp.
3. Tại sao dao tiện chích rãnh phải được đo tại cả hai góc cắt, khi rãnh cắt có độ nghiêng hay bán kính?
4. Hãy tạo ra chương trình con cho tiện biên dạng của bulông ren (**Hình 3**).
5. Hãy tạo ra bảng số liệu cắt (bảng thông số cắt) và chương trình các bộ phận cho việc sản xuất bulông ren (**Hình 3**) với những dụng cụ trong thí dụ ở các trang trước.



Hình 1: Trục tọa độ cực



Hình 2: Gờ trục với bán kính chuyển tiếp

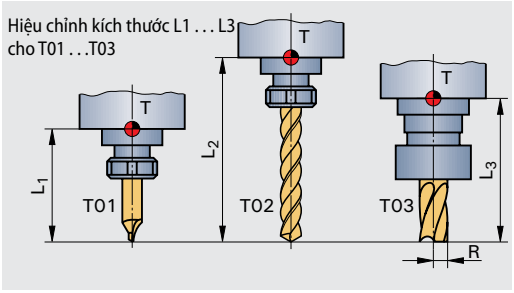


Hình 3: Bulông ren từ thép chuẩn hóa (thép da láng)

6.7.7 Lập trình cho máy phay-NC

■ Thay đổi dụng cụ và hiệu chỉnh

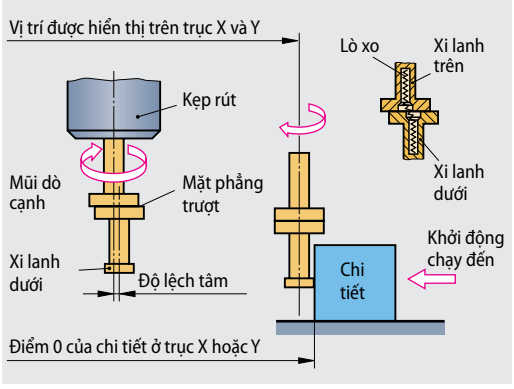
Việc thay đổi dụng cụ ở máy phay được thực hiện bằng tay hoặc ở máy với ổ chứa dụng cụ nhờ sự trợ giúp của bộ thay đổi dụng cụ. Để cạnh cắt của dụng cụ đạt đến điểm đích đã được lập trình ở hướng Z, hệ điều khiển phải thực hiện việc hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ (**Hình 1**). Kích thước chiều dài cần thiết của mỗi dụng cụ ở đây phải được lưu trữ trong bộ nhớ hiệu chỉnh dụng cụ và được tính, ngay khi dụng cụ trong chương trình được gọi. Để tâm điểm của dao phay có thể được dịch chuyển đến vị trí cách biên dạng một khoảng cách bằng bán kính dao cắt, bán kính cắt cũng được nhập vào. Điều này cũng cần cho việc mô phỏng chương trình. Việc thay đổi dụng cụ tự động được giải quyết qua chức năng M.



Hình 1: Hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ và bán kính

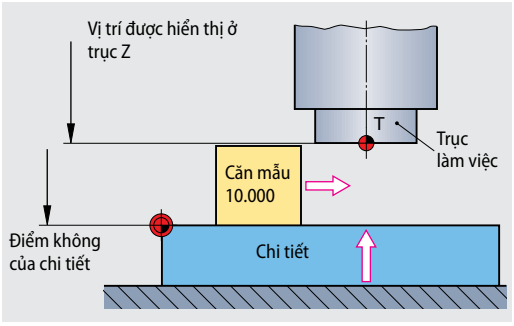
■ Xác định điểm gốc của chi tiết ở máy phay-đứng

Vị trí chính xác của phôi được kẹp với sự tham chiếu vào điểm 0 của máy phải được hệ điều khiển biết rõ. Việc đo bề mặt chuẩn có thể thực hiện với đầu dò 3 chiều (3D) hoặc mũi dò cạnh. Bề mặt chuẩn được tiếp cận với mũi dò cạnh theo hướng X và Y (**Hình 2**). Phôi được di chuyển chậm bằng tay đến vị trí của mũi dò được kẹp trong giá giữ dụng cụ. Mũi dò quay với tốc độ quay chậm, qua đó xi lanh dưới bị đẩy lệch tâm. Ngay trước khi cả hai trục của phần trên và phần dưới của mũi dò trùng nhau, chuyển động của xi lanh dưới gần như đồng tâm. Trong những lần khác, khi chi tiết tiến lại gần, xi lanh dưới bị đẩy trượt ngang. Ở vị trí này dưới sự lưu ý đến bán kính xi lanh thì khoảng cách của cạnh chuẩn đến điểm không của máy được đọc và lưu vào bộ nhớ tọa độ dịch chuyển điểm gốc của hệ điều khiển.



Hình 2: Khởi động chạy đến bề mặt chuẩn với mũi dò

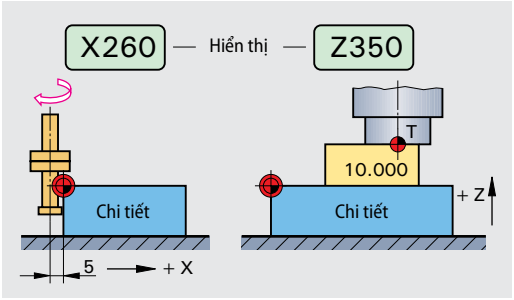
Dưới sự trợ giúp của căn mẫu, vị trí điểm gốc của chi tiết ở hướng Z được xác định (**Hình 3**). Bàn máy di chuyển chậm lên cao, cho đến khi căn mẫu vừa ở dưới mũi trục quay. Với sự lưu ý về chiều cao căn mẫu, vị trí được hiển thị cũng được nhập vào trong bộ nhớ chứa những thông số dịch chuyển điểm không của hệ điều khiển.



Hình 3: Xác định điểm gốc của chi tiết ở trục Z

Ôn tập và đào sâu

Hãy xác định những trị số tọa độ của dịch chuyển điểm gốc cho những vị trí được hiển thị (**Hình 4**)?



Hình 4: Điểm gốc của chi tiết theo trục X và Z

■ Hiệu chỉnh quỹ đạo của dụng cụ

Điểm đích đến của dụng cụ được biết trong lập trình. Dịch chuyển của dụng cụ tương ứng với đường đi của tâm điểm. Đường đi của dụng cụ trong gia công phay biên dạng bị thay đổi trong hướng dẫn tiến, bị lệch sang trái hoặc phải của biên dạng (**Hình 1**). Hiệu chỉnh đường đi của dụng cụ cho phép việc lập trình biên dạng của chi tiết, qua đó hệ điều khiển thông qua tính toán đường đi của tâm dao phay. Sự kích hoạt của hiệu chỉnh đường đi được tác động bằng lệnh G 41, nếu dụng cụ được tìm thấy ở hướng dẫn tiến bên trái biên dạng. Nếu tìm thấy dụng cụ bên phải biên dạng, ta lập trình với G 42. Với G 40 thì hiệu chỉnh đường đi được hủy bỏ.

G 41 dụng cụ **bên trái** của biên dạng
G 42 dụng cụ **bên phải** của biên dạng.
G 40 xóa hiệu chỉnh đường đi của dụng cụ

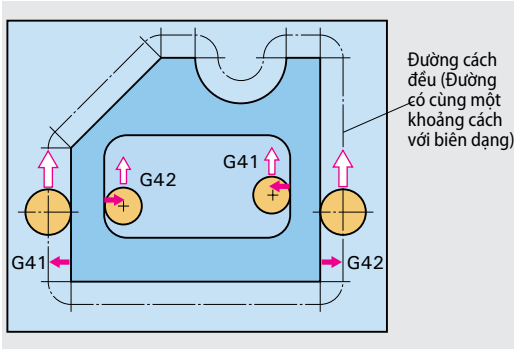
Việc dịch chuyển đầu tiên được thực hiện sau kích hoạt của lệnh G 41 hoặc G 42 sao cho tâm điểm của dao phay nằm trên đường thẳng góc với biên dạng kế tiếp của điểm đích đã được lập trình (**Hình 2**). Khoảng cách của tâm điểm dao phay hiện thời tương ứng với bán kính dụng cụ, được hệ điều khiển truy xuất từ bộ nhớ các dữ liệu của dao cắt. Để tránh việc vi phạm biên dạng thông qua chuyển động bù chưa kết thúc, nên chọn điểm phụ P1 nằm ngoài chi tiết được lập trình như là điểm biên dạng đầu tiên.

■ Lập trình của lượng dư gia công tinh

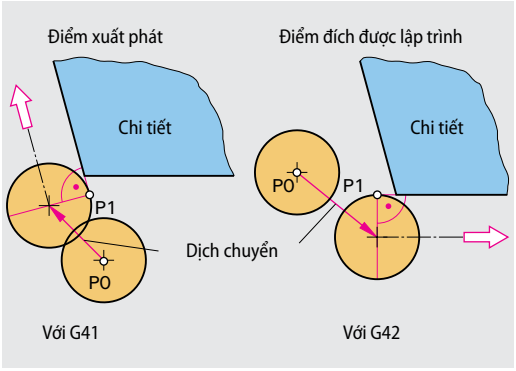
Để tạo ra độ trội tinh trong gia công thô thì những điểm của biên dạng không phải bị thay đổi, khi hiệu chỉnh dụng cụ được thay đổi. Trong gia công thô, thay vì chiều dài thực sự của dụng cụ, người ta đưa vào một trị số tương đương với chiều dài thực sự cộng thêm trị số bằng lượng dư trên trục Z (**Hình 3**). Trị số hiệu chỉnh bán kính ở những trường hợp như thế được tăng lên khoảng bằng độ trội trên trục Z. Qua đó, khi hiệu chỉnh quỹ đạo của dụng cụ được kích hoạt, đường đi của tâm điểm dao phay được dịch chuyển một đoạn bằng bán kính dao phay và lượng dôi gia công so với biên dạng. Trong gia công tinh, chỉ xảy ra một thay đổi hiệu chỉnh trên kích cỡ thực của dụng cụ mà không cần thay đổi chính dụng cụ đó.

■ Tiếp cận tiếp tuyến của biên dạng

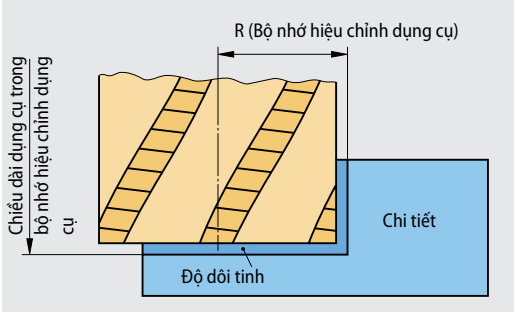
Biên dạng hoàn chỉnh nên được tiếp cận tiếp tuyến trong gia công tinh, để tránh dấu vết ngoài ý muốn trên biên dạng (**Hình 4**). Cũng như thế dụng cụ nên được chạy ra khỏi chi tiết theo quỹ đạo tiếp tuyến với biên dạng trong gia công phay dạng túi.



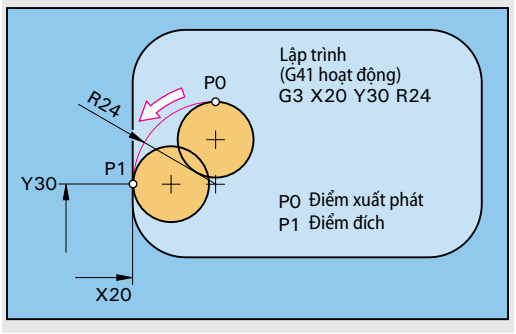
Hình 1: Hiệu chỉnh đường đi của dụng cụ



Hình 2: Dịch chuyển sau khi kích hoạt hiệu chỉnh đường đi của dụng cụ



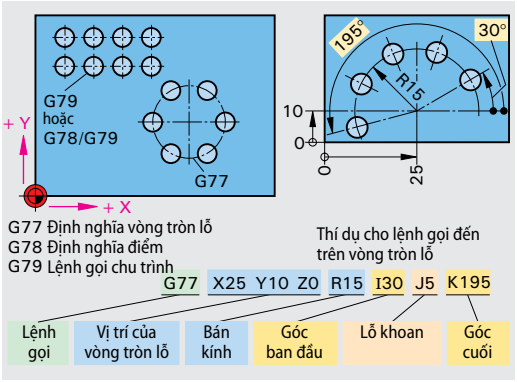
Hình 3: Độ dôi qua hiệu chỉnh dụng cụ



Hình 4: Tiếp cận tiếp tuyến của biên dạng trong với một phần tư vòng tròn

■ Những chu trình gia công

Để đơn giản hóa việc lập trình phần lớn các hệ điều khiển máy phay có chứa các chu trình gia công như sau: khoan và khoan lỗ sâu, cắt ren và doa, phay rãnh, phay túi (bọng) và phay túi dạng tròn. Chu trình có thể được gọi đến ở bất kì điểm nào, ở một vài hệ điều khiển nó cũng được gọi đến vòng tròn lỗ (**Hình 1**). Nếu lệnh gọi và định nghĩa xuất hiện trong một câu lệnh, dụng cụ phải được định vị trước đó tại điểm xuất phát của chu trình. Khi chu trình được thực hiện xong, dụng cụ quay trở về điểm xuất phát. Những chu trình được trình bày ở đây giống nhau về trình tự ở phần lớn các hệ điều khiển, nhưng khi lập trình lại lệ thuộc vào hệ điều khiển. Để hiểu những thí dụ tiếp theo đây, những định dạng riêng biệt lệ thuộc vào hệ điều khiển được trình bày (sắp xếp thứ tự những địa chỉ cần thiết).

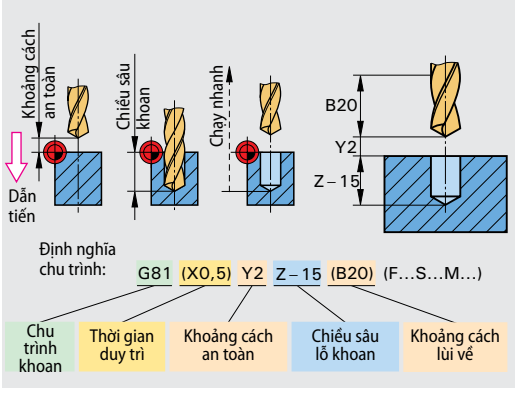


Hình 1: Lệnh gọi chu trình gia công

Chu trình khoan (Hình 2)

Với lệnh gọi của chu trình khoan, mũi khoan chạy nhanh đến khoảng cách an toàn đã được lập trình trên mặt phẳng gia công.

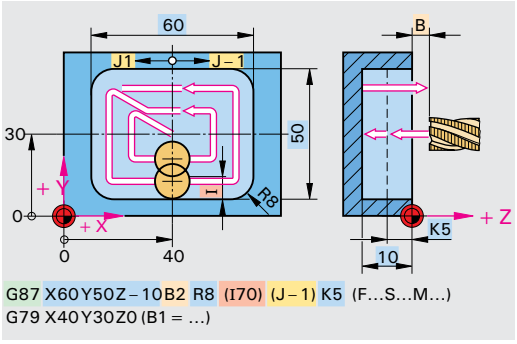
Sau khi dẫn tiến vào đến độ sâu lỗ khoan và duy trì một thời gian, mũi khoan đi trở về với vận tốc nhanh đến khoảng cách an toàn đã được lập trình. Một khoảng cách lùi về lớn hơn có thể đạt được qua việc lập trình với chữ -B, để có thể chạy qua thiết bị kẹp không nguy hiểm cho lần điều chỉnh kế tiếp hoặc mặt phẳng gia công cao hơn.



Hình 2: Chu trình khoan

Chu trình phay túi (phay bọng) hình chữ nhật (Hình 3)

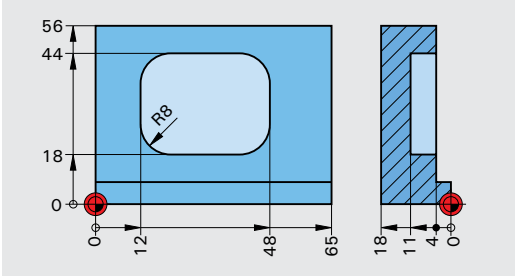
Chuyển động dẫn tiến xuống dưới sâu bắt đầu ở tâm điểm của túi. Nó được thực hiện với nửa trị số của vận tốc dẫn tiến đã lập trình. Kích thước của túi được thiết lập với X,Y và Z. B là khoảng cách an toàn. R là bán kính góc túi. Báo lỗi xảy ra, khi bán kính dụng cụ lớn hơn bán kính góc túi. Bề rộng cắt của dao phay ở % của đường kính được cho biết với L. Không có chữ J hoặc J có nghĩa là phay cùng chiều, -J là phay ngược chiều. Độ sâu lớp cắt được lập trình với K. Khi chu trình được gọi với G 79, như thế vòng quay của túi chung quanh góc α có thể xảy ra với lập trình của B1 = α.



Hình 3: Định nghĩa và lệnh gọi chu trình phay dạng túi

Ôn tập và đào sâu

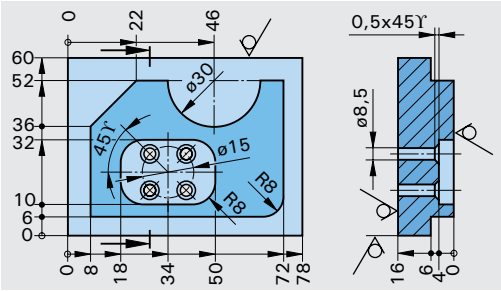
1. Dụng cụ ở cuối chu trình gia công dừng tại điểm nào?
2. Dạng túi (**Hình 4**) được phay cùng chiều. Hãy định nghĩa chu trình phay túi và gọi nó với lệnh G79 tại vị trí đã cho?



Hình 4: Lập trình phay của một dạng túi hình chữ nhật

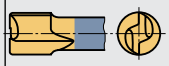
■ Thí dụ về chương trình cho phay NC

Để sản xuất tấm đế, người ta sử dụng máy phay NC với bộ phận chứa dụng cụ và bộ phận thay đổi dụng cụ (**Hình 1**). Những dụng cụ ở trong ổ chứa dụng cụ được sử dụng cho việc gia công (**Bảng 1**). Trình tự gia công và số liệu sản xuất được quy định trong bảng thiết lập (**Bảng 2**). Chương trình của hệ điều khiển trong công nghiệp (**Bảng 3**) và lập trình theo PAL (**Bảng 1, trang 550**) được giới thiệu sau đây:



Hình 1: Tấm đế bằng thép C15E

Bảng 1: Những dụng cụ được đưa vào gia công

Số dụng cụ	Tên dụng cụ	
T1	Mũi khoan mồi NC Ø10 HSS, bên phải	
T4	Dao phay ngón Ø 25 HC-P20	
T6	Dao phay rãnh then Ø12 HSS	
T12	Mũi khoan xoắn Ø8,5 HSS, bên phải	

Bảng 2: Bảng thiết lập thông số cắt (đơn giản hóa)

Tờ thiết lập	Tấm nền		Chương trình số % 7000	
Bước hoạt động	Dụng cụ	Ø mm	v_c m/phút	f_z mm
		z	*n* 1/phút	v_f mm/phút
1 Phay biên dạng	T4	25	400	0,1
		3	5093	1528
2 Phay dạng túi	T6	12	100	0,08
		2	2653	424
3 Khoan mồi và vát cạnh	T1	10	40	f = 0,15
			1340	201
4 Khoan	T12	8,5	40	f = 0,15
			1498	225

Bảng 3: Chương trình cho chi tiết của tấm nền

Số câu lệnh	Lệnh trong chương trình	Giải thích
% 7000		Số chương trình
N1	G17	Chọn lựa mặt phẳng
N2	G90	Kích thước chuẩn (kích thước đo tuyệt đối)
N3	G52	Lệnh gọi tọa độ dịch chuyển điểm gốc đã lưu trữ
N4	G98 X-10 Y-10 Z-26 198 J80 K36	Xác định cửa sổ để diễn tả cho việc mô phỏng chương trình
N5	G99 X0 Y0 Z-16 178 J60 K16	Định nghĩa kích thước phần phôi cho mô phỏng chương trình
N6	F1528 S5093 T4 M6	Vận tốc dẫn tiến và tốc độ quay của trục của T4, thay T4 vào
N7	G0 X-4.5 Y-15	Định vị tâm dụng cụ ở X và Y với vận tốc chạy nhanh (không cắt)
N8	Z-6 M13	Hiệu chỉnh trên độ sâu phay, trục quay chạy bên phải và cho vào chất bôi trơn làm nguội.
N9	G41	Kích hoạt hiệu chỉnh biên dạng ở hướng dẫn tiến bên trái của biên dạng
N10	G1 X8 Y0	Phay với vận tốc dẫn tiến cho đến điểm bắt đầu của biên dạng
N11	Y36	Phay biên dạng với Y36
N12	X22 Y52	Phay nghiêng
N13	X31	Phay đến khởi đầu của cung vòng tròn
N14	G3 X61 Y52 I46 J52	Cung tròn ngược chiều kim đồng hồ, cho biết điểm đích ở tọa độ trục X và Y, thông báo tọa độ tuyệt đối của I và J cho tâm vòng tròn (số liệu riêng tùy theo hệ điều khiển)
N15	G1 X72	Phép nội suy tuyến tính đến X72
N16	Y14	Phay cho đến điểm khởi đầu của R8
N17	G2 X64 Y6 I64 J14	Phay bán kính
N18	G1 X-10	Phép nội suy tuyến tính cho đến khi dụng cụ ở bên ngoài phôi
N19	G40	Bỏ hiệu chỉnh quỹ đạo của dụng cụ
N20	G0 Z100	Chạy ra khỏi chi tiết với dao chạy nhanh
N21	F424 S2653 T6 M6	Vận tốc dẫn tiến và tốc độ quay của trục của T6, thay T6 vào
N22	G87 X32 Y2 Z-5 B2 R8 K4	Định nghĩa chu trình phay dạng túi, độ sâu lớp cắt K = độ sâu của túi
N23	G79 X34 Y21 Z0	Lệnh gọi chu trình phay dạng túi, X và Y là tọa độ tâm của túi, Z vị trí bề mặt gia công
N24	F201 S1340 T1 M6	Vận tốc dẫn tiến và tốc độ quay của trục của T1, thay T1vào
N25	G81 X0.1 Y2 Z-4.75	Định nghĩa chu trình khoan, thời gian duy trì 0,1s, độ sâu đi xuống của dụng cụ 4,75 mm (0,5.d)

Tiếp theo Bảng 3 (Trang 549)

Số câu lệnh	Lệnh trong chương trình	Giải thích
N26	G77 X34 Y21 Z-4 R7.5 I45 J4	Khoan mỗi vòng tròn lỗ ở vị trí được lập trình, góc khởi đầu 45^0, 4 lỗ khoan chia đều trên tổng chu vi
N27	F225 S1498 T12 M6	Vận tốc dẫn tiến và tốc độ quay của trục của T12, thay T12 vào
N28	G81 Y2 Z-13	Định nghĩa chu trình khoan, lỗ khoan suốt qua phôi khoảng 0,4 mm
N29	G77 X34 Y21 Z-4 R7.5 I45 J4	Khoan vòng tròn lỗ ở vị trí được lập trình
N30	G51 M9	Xóa dịch chuyển điểm gốc G52, tắt chất bôi trơn làm nguội.
N31	M5	Ngừng trục chính
N32	T0 M6	Trả dụng cụ về trong thiết bị chứa dụng cụ, không có dụng cụ mới, vì T0
N33	M30	Chấm dứt chương trình

Bảng 4: Chương trình cho chi tiết của ống nối có ren theo PAL

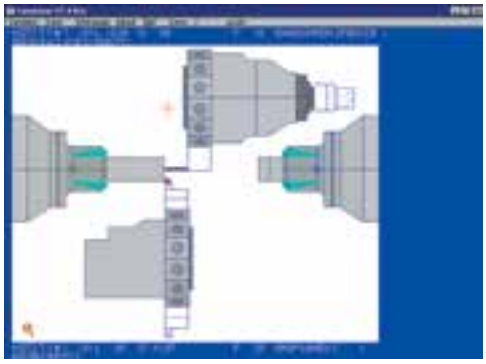
Số câu lệnh	Lệnh trong chương trình	Giải thích
	;Biên dạng	Diễn giải trình tự gia công
N1	G54	Dịch chuyển điểm gốc từ máy đến dụng cụ của phôi
N2	T4 M6	Thay vào dụng cụ T6
N3	F1528 S5093 M13	Vận tốc dẫn tiến (tiếng Anh: feed) mm/phút, tốc độ vòng quay của trục $phút^{-1}$, trục quay theo chiều phải và cho vào chất bôi trơn
N4	G0	Dao chạy nhanh
N5	G41 G45 D20 X8 Y6 Z-6 W1	Hiệu chỉnh bán kính dao phay bên trái, định vị trước khi dao chạy nhanh, đầu tiên ở mặt phẳng XY và sau đó ở hướng Z, tiếp xúc tiếp tuyến đường thẳng của biên dạng với vận tốc dẫn tiến, D20 = Chiều dài của quãng đường tiếp cận đến điểm biên dạng đầu tiên X8/Y6, W1 = Mặt phẳng chứa điểm bắt đầu chạy dẫn tiến ở vị trí cách 1 mm trên phôi.
N6	G1 Y36	Phay thẳng đến Y36
N7	G1 X22 Y52	Phay thẳng đến X22/Y52
N8	G1 X31	Phay thẳng đến X31
N9	G3 X61 Y52 I15 J0	Phay cung tròn chiều trái đến X61 Y52, từ trục tọa độ tâm điểm đến điểm khởi đầu của cung tròn bằng phương pháp gia số
N10	G1 X72	Phay đường thẳng đến X72
N11	G1 Y6 RN8	Phay đường thẳng đến Y14, bo tròn đến thành phần tiếp theo của biên dạng với R8
N12	G1 X8	Phay thẳng đến X8
N13	G46 G40 D20 Z1	Rời khỏi biên dạng với quỹ đạo là đường tiếp tuyến của, chọn biên dạng bán kính dao phay, D20 = Chiều dài của quãng đường chạy ra, chạy với vận tốc dẫn tiến trên Z1
	;Túi	
N14	T6 M6	Thay T6 vào
N15	F424 S2653 M13	Vận tốc dẫn tiến mm/phút, tốc độ quay của trục $phút^{-1}$, trục quay theo chiều phải và cho vào chất làm nguội.
N16	G72 ZA-4 LP32 BP22 D6 V1 RN8	Định nghĩa chu trình cho dạng túi hình chữ nhật: sâu 4 mm, dài 32 mm, rộng 22 mm, độ sâu đưa vào tối đa 6 mm (0,5 . d), khoảng cách an toàn 1 mm, bán kính góc 8 mm, áp dụng trị số cài đặt trước cho các thông số tiếp theo như hạ dao xuống, loại gia công v.v...
N17	G79 X34 Y21 Z0 W1	Lệnh gọi chu trình dạng túi hình chữ nhật hiện thời với điểm xuất phát giữa túi X34/Y21và Z0 như là trục tọa độ bề mặt của mặt phẳng gia công, W1 = mặt phẳng quay về Z = 1 mm (tuyệt đối)
	;Chỉnh tâm	
N18	T1 M6	Thay T1 vào
N19	F201 S1340 M13	Vận tốc dẫn tiến mm/phút, tốc độ quay của trục $phút^{-1}$ (cho Ø 9,5 mm), trục quay theo hướng phải và cho vào chất làm nguội
N20	G81 Z1-4.75 V1	Định nghĩa chu trình khoan G81 để chỉnh tâm và lã lỗ với độ sâu bằng gia số 4,75 mm (0,5 . d), mặt phẳng an toàn tương đối cách bề mặt chi tiết là 1 mm
N21	G77 IA34 JA21 ZA-4 R7.5 AN45 AI90 O4 W1	Lệnh gọi chu trình khoan hiện tại trên một phần vòng tròn với trục tọa độ tâm điểm I và J tuyệt đối ở X34 và Y21, mặt phẳng gia công Z-4 tuyệt đối, bán kính một phần vòng tròn R7,5, góc xuất phát cho vị trí khoan đầu tiên 45^0 tuyệt đối, góc tăng gia số 90^0, 4 vị trí khoan, W1 = mặt phẳng đi về ở trục Z = 1 mm (tuyệt đối)
	;Khoan	

Tiếp theo Bảng 4 (Trang 550)

Số câu lệnh	Lệnh trong chương trình	Giải thích
N22	T12 M6	Thay T12 vào
N23	F225 S1498 M13	Vận tốc dẫn tiến mm/phút, tốc độ quay của trục phút^{-1}, trục chính quay theo chiều phải và cho vào chất làm nguội
N24	G81 ZA-19 V1	Định nghĩa chu trình khoan, chiều sâu lỗ khoan tuyệt đối
N25	G77 IA34 JA21 ZA-4 R7.5 AN45 AI90 04 W1	Lệnh gọi chu trình khoan, lập trình như ở câu lệnh 21
N26	M9	Tắt chất bôi trơn làm nguội
N27	T0 M6	Với T0 ở cuối chương trình thì dụng cụ đang sử dụng được cất trở lại trong thiết bị chứa dụng cụ
N28	M30	Chấm dứt chương trình với việc thiết lập lại để trở về khởi đầu chương trình

■ Mô phỏng chương trình

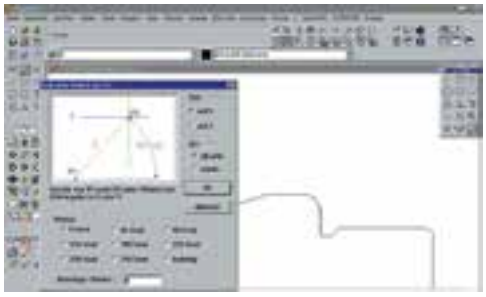
Ở một vài hệ điều khiển, chương trình có thể được mô phỏng để phát hiện được lỗi lập trình. Việc chọn lựa màn hình đồ họa khác nhau cho phép dẫn đến thí dụ mô phỏng gia công bằng đồ họa động, trình bày dưới dạng phối cảnh hoặc hình chiếu trong nhiều mặt cắt (**Hình 1**). Qua việc phóng lớn (Zoom) phần cắt nhỏ, độ lệch của biên dạng có thể được nhận biết rõ ràng hơn. Tuy nhiên, chạy thử hoàn hảo chưa đủ bảo đảm cho một chương trình có đầy đủ chức năng, vì những yếu tố tinh tế không thể nhận thấy được, thí dụ như việc hiệu chỉnh bán kính cắt không được kích hoạt.



Hình 1: Đồ họa mô phỏng

6.7.8 Những phương pháp lập trình

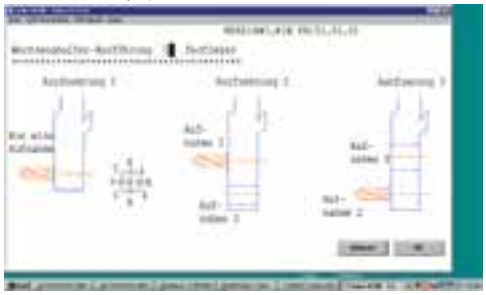
Chương trình CNC được tạo ra một cách thủ công hoặc với hỗ trợ của máy tính. Trong lập trình với sự hỗ trợ của máy tính thì biên dạng được xây dựng từng bước từ mỗi phần tử của biên dạng (đường thẳng, vòng tròn...) (**Hình 2**). Việc tính toán cần thiết được đảm nhận bởi một bộ xử lý hình học. Chương trình được tạo ra như thế có định dạng riêng biệt của hệ điều khiển.



Hình 2: Tạo ra dạng hình học với những phần tử của biên dạng

Trong **lập trình tại phân xưởng gia công,** chương trình CNC được tạo ra và nhập vào trực tiếp tại máy. Việc này có thể thực hiện song song ở hầu hết các hệ điều khiển, nghĩa là trong khi một chương trình khác tại máy đang hoạt động. Ở **lập trình AV** *(**A**rbeits**v**orbereitung = Chuẩn bị kế hoạch cho gia công)* thì chương trình CNC được tạo ra tại trạm lập trình.

Người ta hiểu chữ **WOP** *(**W**erkstatt-**O**rientiertes-**P**rogrammieren=Lập trình định hướng theo phân xưởng)*, là một hệ thống lập trình thống nhất, nơi mà không chỉ tại máy mà còn ở trong việc chuẩn bị cho kế hoạch gia công, chương trình với trợ giúp của đồ họa có thể tạo lập và sửa đổi phù hợp với xưởng gia công. Việc lập trình không phải thực hiện với mã NC và câu lệnh mà với những biểu tượng bằng hình dễ hiểu và trình đơn nhập liệu theo yêu cầu của người sử dụng (**Hình 3**). Kích thước cần thiết cho chi tiết và mâm cặp được yêu cầu trong điều khiển tương tác qua cửa sổ nhập liệu.



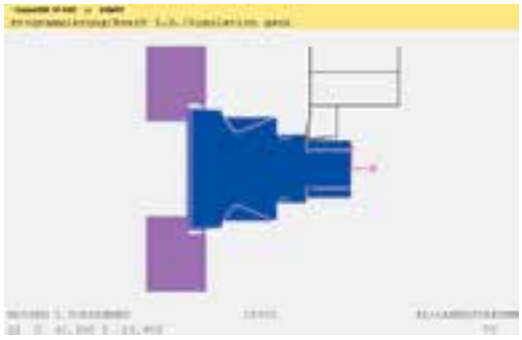
Hình 3: Màn hình – Trình đơn nhập liệu

Với WOP (Hệ thống lập trình định hướng theo xưởng) người ta có thể lập trình nhanh và đơn giản tại máy. Qua đó có thể sử dụng kiến thức từ kinh nghiệm của công nhân có tay nghề bậc cao. Trong lập trình AV thì chương trình được tạo ra tại trạm lập trình không lệ thuộc vào máy và hệ điều khiển. Người sử dụng máy diễn tả phôi và chi tiết hoàn chỉnh mà không lệ thuộc vào máy gia công. Bộ xử lý hình học có thể đảm nhận việc tính toán những điểm biên dạng chưa biết. Qua một kết nối CAD, những số liệu hình học của bản vẽ cũng có thể được tiếp nhận và chuyển đổi sang chương trình CNC. Việc định nghĩa những công đoạn gia công ở những phần tử của biên dạng đã được chọn lựa, thí dụ tiện chích rãnh cho ren hoặc tạo ra lượng dư mài, được thực hiện qua cửa sổ nhập liệu (**Hình 1**). Sau mô tả hình học thì những trình tự gia công được tự động tạo ra từ trình đơn (menu). Ở mỗi bước gia công, dụng cụ thích hợp được đề nghị, đề nghị đó có thể được chấp nhận hay thay đổi.

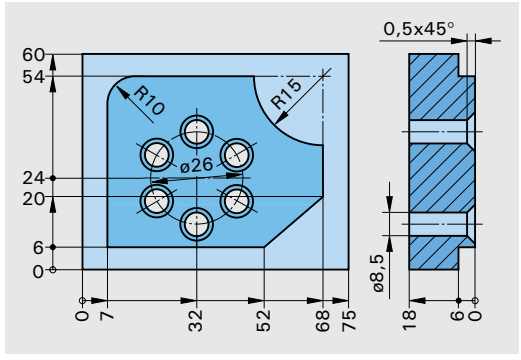
Sau việc lựa chọn máy, tùy theo máy người ta xác định các số liệu cắt gọt cho gia công, trình tự gia công và phân bố dao cắt cho giá đỡ dụng cụ (**Hình 2**). Số liệu cắt được cung cấp cho mỗi trường hợp gia công, chúng có thể được chấp nhận hoặc thay đổi. Qua lần vận hành của bộ xử lý sau (phần mềm để "dịch chương trình"), chương trình CNC riêng biệt cho hệ điều khiển được tạo ra. Việc này có thể được hiển thị để kiểm soát trên màn hình và mô phỏng tiến trình gia công (**Hình 3**).

Hình 1: Cửa sổ nhập liệu cho chích rãnh chân ren

Hình 2: Phân bố của giá mang dụng cụ



Hình 3: Mô phỏng động bằng đồ họa



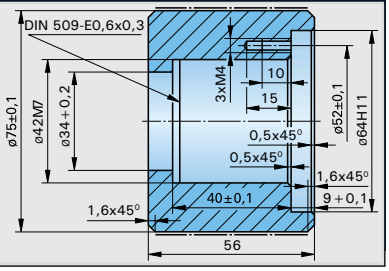
Hình 4: Nắp đậy từ vật liệu C15E

Ôn tập và đào sâu

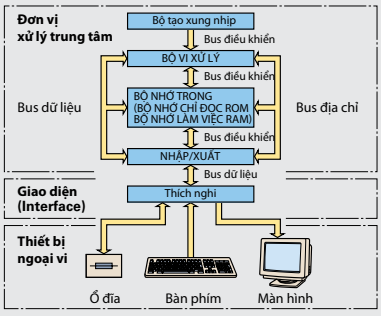
1. Với chức năng G nào thì việc hiệu chỉnh đường đi được kích hoạt, nếu dao phay quay theo chiều phải trong phương pháp gia công phay cùng chiều?
2. Vị trí nào được tiếp cận bởi tâm điểm của dao phay sau khi kích hoạt việc hiệu chỉnh đường đi?
3. Hãy miêu tả hai khả năng để tạo ra lượng dư gia công tinh khi phay thô.
4. Dao phay phải tiếp cận biên dạng khi phay tinh như thế nào để tránh việc để lại dấu vết ở biên dạng?
5. Việc mô phỏng của chương trình CNC để làm gì?
6. Hệ thống lập trình định hướng theo xưởng (WOP) mang đến những ưu điểm nào?
7. Hãy tạo ra chương trình của chi tiết cho phay biên dạng và khoan nắp đậy (**Hình 4**) từ thép thấm than với những dụng cụ ở trang 549.

7 Kỹ thuật thông tin

7.1 Truyền thông kỹ thuật 554
Tiêu chuẩn và quy định 554
Bản vẽ kỹ thuật 555
Mô tả tương quan kỹ thuật 556
Sơ đồ và biên bản 557

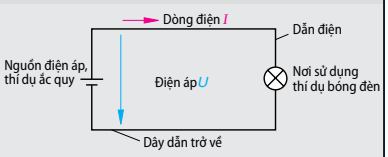


7.2 Kỹ thuật máy tính 558
Cách hoạt động của máy tính 558
Phần cứng 559
Diễn đạt thông tin trong máy tính 561
Thiết bị ngoại vi 562
Khởi động máy tính 563
Hệ điều hành 564
Virus máy tính 564
Phần mềm ứng dụng 565
Tác động của kỹ thuật máy tính vào kinh tế và xã hội 567
Bảo hộ lao động bên máy tính 568
Bảo vệ dữ liệu 568

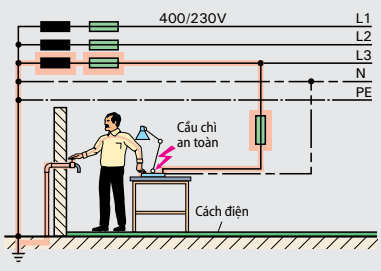


8 Kỹ thuật điện

8.1 Mạch điện 569
8.2 Mạch điện với điện trở 572
8.3 Các loại dòng điện 574
8.4 Công suất và năng lượng điện 575
8.5 Thiết bị bảo vệ khi quá dòng 576



8.6 Lỗi tại hệ thống điện và biện pháp bảo vệ 577



Lĩnh vực thực tập 581
Danh sách các xí nghiệp 600
Thư mục thuật ngữ 603

7 Kỹ thuật thông tin (Kỹ thuật tin học)

7.1 Truyền thông kỹ thuật

Truyền thông kỹ thuật được hiểu là sự trao đổi thông tin trực tiếp hay gián tiếp, cần thiết cho việc sản xuất hàng hóa và dịch vụ. Thí dụ, một xí nghiệp muốn đặt mua con lăn cho ổ đỡ (**Hình 1**) để lắp ráp một băng chuyền, phòng thiết kế của nhà sản xuất cần biết đến kích thước cũng như thông tin về lực chịu tải của con lăn. Ngoài ra vật liệu cũng cần được xác định và đặt mua. Phân xưởng sản xuất lên kế hoạch chuẩn bị chọn máy công cụ và phân xưởng lắp ráp sửa soạn đồ gá cho việc lắp ráp.

7.1.1 Tiêu chuẩn và quy định

Tiêu chuẩn. Trong lĩnh vực kỹ thuật truyền thông cần đến những tiêu chuẩn cho các lĩnh vực sau đây:

- Thiết kế bản vẽ (Hình 1)
- Hình dạng và kích thước của các bộ phận tiêu chuẩn, thí dụ vít lục giác chìm ở vị trí số 7 trong hình 1.
- Đặc tính của vật liệu (thí dụ như vật liệu dùng để sản xuất con lăn ở vị trí số 1 trong hình 1 có thể chịu xử lý nhiệt).

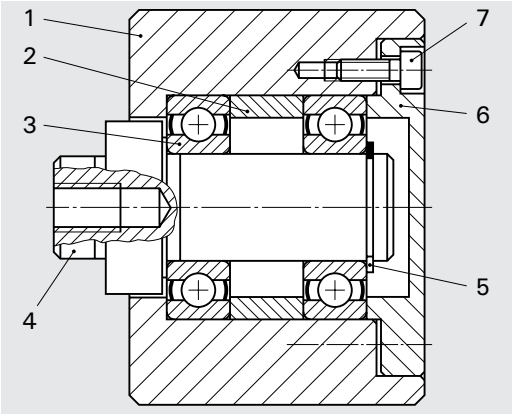
Tiêu chuẩn được công bố qua các tờ tiêu chuẩn. Tờ tiêu chuẩn được mang một ký hiệu ngắn (thí dụ DIN EN), số thứ tự và ngày phát hành (**Hình 2**). Qua ký hiệu ngắn ta có thể biết nó thuộc tiêu chuẩn Đức, tiêu chuẩn Âu châu hay tiêu chuẩn quốc tế (**Bảng 1**).

Bảng 1: Tiêu chuẩn

Tiêu chuẩn	Giải thích
DIN	Tiêu chuẩn Đức (DIN=Deutsches Institut für Normung: Viện tiêu chuẩn Đức)
DIN EN	Tiêu chuẩn châu Âu, phiên bản tiếng Đức (**Hình 3**)
DIN ISO	Tiêu chuẩn quốc tế, phiên bản tiếng Đức (**Hình 4**)
DIN EN ISO	Tiêu chuẩn châu Âu, bao gồm cả tiêu chuẩn quốc tế không bị thay đổi và có phiên bản tiếng Đức (**Hình 5**)

Tiêu chuẩn bao gồm những quy định ràng buộc, làm nền tảng trong giao dịch kinh doanh và cơ sở pháp lý.

Quy định. Ngoài những tiêu chuẩn còn có những quy định khác cần lưu ý, thí dụ quy định VDI/VDE (Hội kỹ sư Đức "**V**erein **D**eutscher **I**ngenieure", Hội kỹ sư điện Đức "**V**erband **D**eutscher **E**lektrotechniker", **Hình 6**) và các tiêu chuẩn của xí nghiệp.



Hình 1: Bản vẽ tổng thể ổ đỡ vòng bi

DK 621.822.74 DEUTSCHE NORM April 1989

Wälzlager
Rillenkugellager
einreihig

DIN 625 Teil 1

Rolling bearings; Radial deep groove ball bearings, single row
Roulements; Roulement à billes, a gorge profunde, à une rangée

Ersatz für Ausgabe 09.59 und DIN 625 T 2/11.76

Zusammenhang mit der von der International Organization for Standardization (ISO) herausgegebenen Internationalen Norm ISO 15 : 1981, siehe Erläuterungen.
Achtung! Bei voller Nutzung der Seitenflächen (z.B. durch Federscheiben nach DIN 42013) Erläuterungen beachten.

Hình 2: Tiêu chuẩn DIN

DK 621.882.2 : 621.882.15 DEUTSCHE NORM Februar 1992

Mechanische Verbindungselemente
Durchgangslöcher für Schrauben
(ISO 273 : 1979)
Deutsche Fassung EN 20 273 : 1991

DIN EN 20 273

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 273

Fasteners; Clearance holes for bolts and screws (ISO 273 : 1979);
German version EN 20 273 : 1991

Ersatz für DIN ISO 273/09.79

Hình 3: Tiêu chuẩn DIN EN

DEUTSCHE NORM Mai 2002

Technische Zeichnungen
Allgemeine Grundlagen der Darstellung
Teil 44: Schnitte in Zeichnungen der mechanischen Technik
(ISO 128-44:2001)

DIN ISO 128-44

ICS 01.100.01

Mit DIN ISO 128-40:2002-05 und DIN ISO 128-50:2002-50 Ersatz für

Technical drawings — General principles of presentation —

Hình 4: Tiêu chuẩn DIN ISO

DEUTSCHE NORM Juni 2002

Geometrische Produktspezifikation (GPS)
Angabe der Oberflächenbeschaffenheit in der technischen Produktdokumentation
(ISO 1302:2002)
Deutsche Fassung EN ISO 1302:2002

DIN EN ISO 1302

ICS 01.100.01; 17.040.20

Ersatz für DIN ISO 1302:1993-12

Geometrical Product Specifications (GPS) —
Indication of surface texture in technical product documentation
(ISO 1302:2002);
German version EN ISO 1302:2002

Hình 5: Tiêu chuẩn DIN EN ISO

DK 669.14/15.018.298.3: 669.15–194:681 (083.132) VDI/VDE-RICHTLINIEN Juni 1985

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE
VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER

Werkstoffe der Feinwerktechnik
Vergütungs- und Nitrierstähle

VDI/VDE 3902

Materials for precision engineering
Heat treatable steels and nitriding steels

Hình 6: Quy định VDI/VDE

7.1.2 Bản vẽ kỹ thuật

Bản vẽ kỹ thuật nhằm cung cấp thông tin về hình dáng, kích cỡ, cấu trúc và chức năng của các chi tiết, các cụm cấu kiện và các hệ thống.

> Tùy nội dung và mục đích, bản vẽ kỹ thuật được chia thành bản phác thảo, bản vẽ chi tiết, bản vẽ từng cụm và bản vẽ tổng thể.

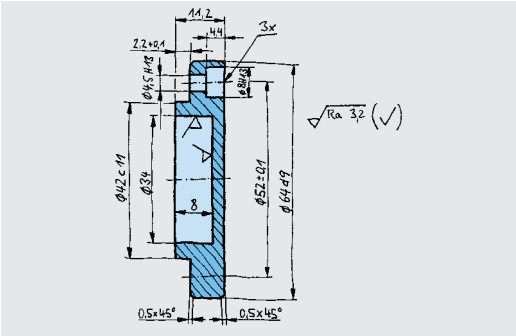
Phác thảo. Phần lớn phác thảo là những bản vẽ sơ bộ bằng tay với tỷ lệ không cần chính xác lắm (**Hình 1**). Chúng được dùng cho những đơn hàng lẻ và sửa chữa đơn giản, nhằm hỗ trợ thêm cho những giải thích miệng, tìm ý tưởng cũng như dùng làm tài liệu sự vụ.

Bản vẽ chi tiết. Bản vẽ chi tiết chứa đựng tất cả những thông tin cần thiết cho việc sản xuất chi tiết như: tên, hình dáng, kích thước, dung sai, thông tin bề mặt, vật liệu và những thông số định mức về xử lý nhiệt (**Hình 2**).

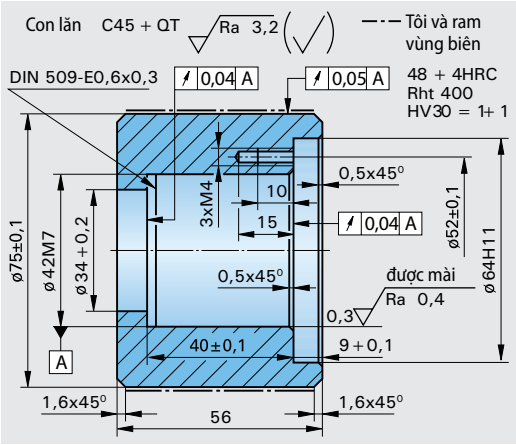
Bản vẽ cụm (**nhóm**) **và bản vẽ tổng thể**. Chúng thể hiện sự sắp xếp và mối tương quan tác động giữa các bộ phận rời trong một cụm cấu kiện hay trong toàn bộ máy (Hình 1, trang 554). Từ các bản vẽ cụm hay bản vẽ tổng thể mà các bản vẽ từng phần được tạo ra. Ngoài ra chúng rất cần cho việc lắp ráp và bảo trì hệ thống. Tất cả các bộ phận của cụm được liệt kê trong một bản danh sách chi tiết.

Bảng vẽ chi tiết rời (theo phối cảnh) là một dạng đặc biệt của bản vẽ toàn phần. Nó chỉ rõ từng bộ phận rời của cụm được sắp xếp theo phối cảnh không gian, để dễ nhận diện sự liên hệ trực tiếp và cấu trúc thứ tự của chúng (**Hình 4**). Chúng thường được sử dụng nhiều lần nhằm thông tin hướng dẫn cho khách hàng trong việc lắp ráp, sử dụng và sửa chữa cũng như trong các bản liệt kê phụ tùng thay thế (danh mục phụ tùng).

Danh sách chi tiết. Các bản vẽ cụm thường kèm theo một bản danh mục chi tiết, trong đó liệt kê tất cả các chi tiết và các chi tiết tiêu chuẩn của cụm (**Hình 3**).



Hình 1: Phác họa nắp ổ trục

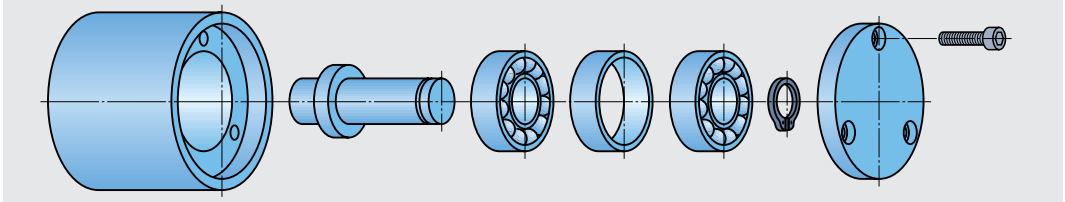


Hình 2: Bản vẽ một phần cho con lăn

Vị trí	Số lượng	Tên gọi	Tên ngắn theo tiêu chuẩn
1	1	Con lăn	C45+QT
2	1	Vòng đệm cách	S235JR
3	2	Ổ bi rãnh	DIN 625-6004-2RS
4	1	Chốt	E295
5	1	Vòng hãm	DIN 471-20 x 1.2
6	1	Nắp đậy ổ trục	E295
7	3	Vít lục giác chìm	ISO 4762-M4 x 12-8.8

Hình 3: Danh sách các chi tiết của một ổ đỡ vòng bi

Ngoài tên gọi, những thông tin khác như số thứ tự, số lượng hoặc đơn vị, vật liệu, ký hiệu tiêu chuẩn ngắn hay kích thước của phôi cũng được ghi vào danh mục.



Hình 4: Bản vẽ chi tiết rời của một ổ đỡ vòng bi

7.1.3 Mô tả tương quan kỹ thuật

Tương quan về kỹ thuật có thể được mô tả theo dạng bảng hoặc đồ họa, giúp nhanh chóng nhận ra được mối tương quan.

Bảng

Bảng được chia thành hàng và cột. Qua đó, kích thước về chi tiết tiêu chuẩn hay thông số đặc trưng của vật liệu được trình bày rõ ràng. Từ **Bảng 1**, ta có thể lấy ra đường kính lõi của ren, tùy thuộc vào tên gọi ren và bước ren

Trình bày bằng đồ họa

Các dạng biểu đồ tròn, biểu đồ cột, đồ thị và toán đồ thường được sử dụng để trình bày bằng đồ họa.

> Với việc trình bày bằng đồ họa (đồ thị) ta có thể diễn tả mối tương quan của biến số qua hình ảnh.

Biểu đồ tròn và biểu đồ cột. Đặc biệt với biểu đồ tròn và biểu đồ cột, tỷ lệ phần trăm được minh họa rõ ràng (**Hình 1**).

Đồ thị. Thông qua đường biểu diễn, tính phụ thuộc của một đại lượng này vào một đại lượng khác có thể trình bày được rõ ràng. Đồ thị thường được sử dụng trong hệ thống tọa độ vuông góc (**Hình 2**) hoặc hệ thống tọa độ cực.

Toán đồ. Toán đồ nhằm phục vụ diễn tả bằng đồ họa của các mối tương quan trong toán học.

Với sự hỗ trợ của nó, các kết quả tính toán có thể đọc được từ hình ảnh (**Hình 3**).

Thí dụ: n = 90/phút; d = 100 mm; v_c =?
Đáp số (theo toán đồ hình 3): v_c = 27 m/phút

7.1.4 Sơ đồ và biên bản

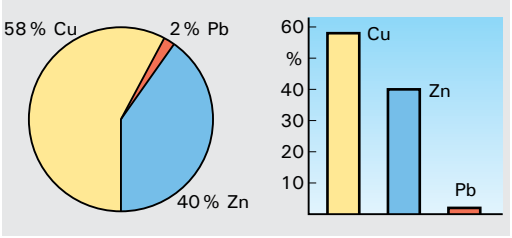
Những thông tin về các mối tương quan tác động với nhau được trình bày qua sự hỗ trợ của sơ đồ. Trong biên bản người ta ghi chép lại mối tương quan theo thời gian hoặc diễn tiến của một quá trình, thí dụ như kiểm tra cấu kiện. Sơ đồ gồm có: sơ đồ khối, sơ đồ mạch, kế hoạch gia công và kế hoạch lắp ráp. Biên bản xuất hiện dưới dạng biên bản kiểm tra chi tiết.

Sơ đồ khối

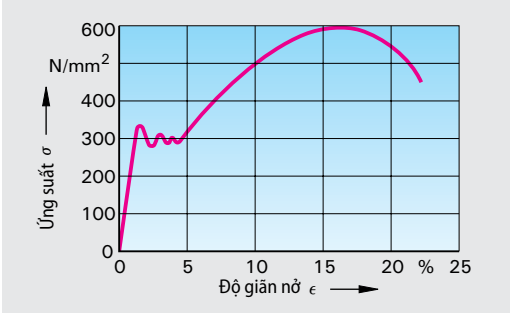
Trong sơ đồ khối, mỗi cấu kiện thường được phác họa bằng hình chữ nhật. Các đường thẳng và mũi tên chỉ trình tự tác động (**Hình 4**).

Bảng 1: Kích thước ren

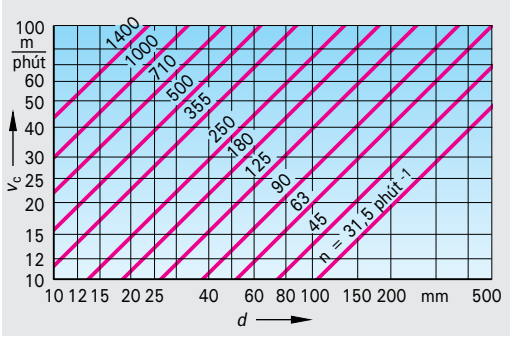
Tên gọi ren	M4	M5	M6	M8	M10	M12
Bước ren P	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75
Đường kính lõi bu lông d_3	3,14	4,02	4,77	6,47	8,16	9,85
Đường kính lõi đai ốc D_1	3,24	4,13	4,92	6,65	8,38	10,11



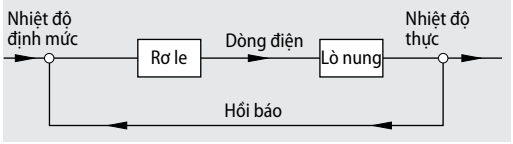
Hình 1: Biểu đồ tròn và biểu đồ cột



Hình 2: Đồ thị



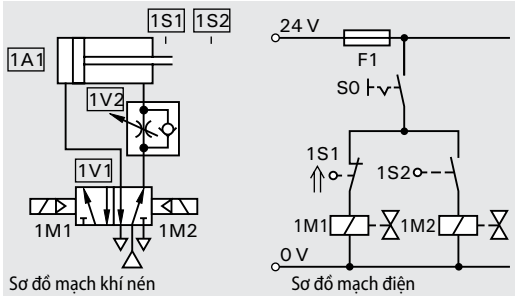
Hình 3: Toán đồ xác định vòng quay của một máy công cụ



Hình 4: Sơ đồ khối cho một lò nung

Sơ đồ mạch

Sơ đồ mạch với những ký hiệu chuyển mạch được chuẩn hóa và các đường kết nối biểu thị sự tác động tổng thể *(tác động hỗ tương)* của các cấu kiện đơn lẻ và như thế diễn tả trình tự điều khiển. Tùy vào sự khác biệt của những phương tiện, thí dụ khí nén hay điện, mà ta có cách vẽ sơ đồ khác nhau (**Hình 1**).



Hình 1: Sơ đồ mạch điện-khí nén

Kế hoạch làm việc

Kế hoạch làm việc (Kế hoạch gia công) kết hợp cùng với bản vẽ kỹ thuật làm nền tảng cho việc sản xuất bằng thủ công hoặc lên một chương trình để điều khiển sản xuất. Kế hoạch làm việc ấn định rõ trình tự của một công việc, thí dụ như những bước thực hiện chế tạo một chi tiết (**Hình 2**). Nó bao gồm những thông số kỹ thuật cần thiết như loại dụng cụ, vận tốc cắt và bộ phận kẹp.

Kế hoạch lắp ráp

Trong kế hoạch lắp ráp, những bước thao tác kế tiếp nhau khi lắp ráp được ấn định rõ (**Hình 3**). Ngoài ra nó còn chứa những thông tin về những hình vẽ, công cụ, thiết bị cũng như phương tiện đo và kiểm tra cần thiết.

> Cách tiến hành và trình tự lắp ráp được ấn định trong lịch lắp ráp.

Lịch bảo dưỡng

Lịch bảo dưỡng ghi lại những công việc được lập lại định kỳ nhằm đảm bảo chức năng hoạt động của thiết bị, thí dụ như trong lịch vô dầu mỡ (chất bôi trơn) của một máy công cụ đó là những vị trí vô dầu và thời hạn phải thay dầu.

Biên bản

Biên bản kiểm tra chứa kết quả của những chuỗi đo đạc và đánh giá theo thống kê (**Hình 4**) của nó. Biên bản phục vụ cho việc kiểm tra sản xuất và làm tài liệu trong kinh doanh cũng như trong việc khiếu nại của khách hàng.

Kế hoạch gia công (Kế hoạch làm việc)				
Số đơn hàng: 2238		Mã số xếp loại: A-96-38		
Phôi: Rd 80				
Tên gọi: Con lăn		Vật liệu: C45+QT		
Số máy: GMD 25564		Số chương trình: %22666		
STT	Tên gọi	v_c	f	T
1	Kẹp			
2	Thay thế dụng cụ			02
3	Tiện dọc trục ∅ 76 x 60	120	0,3	
4	Tiện mặt đầu			

Hình 2: Kế hoạch gia công (Kế hoạch làm việc)

Kế hoạch lắp ráp	
Số đơn hàng: 2238	
Tên gọi: Con lăn cho bợ đỡ	
STT	Công đoạn
1	Kiểm tra sự toàn vẹn của từng chi tiết rời, nếu cần thì tẩy sạch
2	Bôi sơ mỡ lên trục (4)
3	Đẩy ổ bi rãnh thứ 1 (3) với ống ép (Lực ghép nối ở vòng trong) vào chốt (4)
4	Đặt vòng cách (2)
5	Ổ bi rãnh thứ 2 (3) với ống ép đẩy vào chốt (4)

Hình 3: Kế hoạch lắp ráp (Lịch lắp ráp)

Biên bản kiểm tra				
Số đơn hàng: 2238			Mã số xếp loại: A-96-38	
Tên gọi: Con lăn cho bợ đỡ			Số chi tiết: 001	
Người kiểm tra: J. Oberschmidt			Ngày: 13.12.2009	
STT	Kích thước 1 ∅ 42 M7	Kích thước 2 ∅ 64 H11	Kích thước 3 40 ±0.1	Kích thước 4 ∅ 34 + 0,2/0
1	41,996	64,151	39,95	34,15
2	41,978	64,012	40,07	34,20
3	41,983	64,175	39,93	34,10

Hình 4: Biên bản kiểm tra

Ôn tập và đào sâu

1. Ký hiệu viết tắt DIN có nghĩa gì?
2. Tiêu chuẩn được quốc tế công nhận có những ưu điểm nào?
3. Bản vẽ từng phần chứa những thông tin nào?
4. Bảng danh mục chi tiết chứa những thông tin nào?
5. Lịch lắp ráp đầy đủ (Hình 3) để lắp ráp ổ vòng bi (Hình 1 trang 554) gọi là gì?
6. Lịch bảo trì lập ra cho mục đích gì?
7. Biên bản kiểm tra phục vụ cho mục tiêu nào?

7.2 Kỹ thuật máy tính

Máy tính có thể xử lý chớp nhoáng những lượng thông tin đồ sộ. Chúng được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực kỹ thuật, khoa học và quản lý hoặc được tích hợp vào máy móc cũng như thiết bị (**Hình 1**).

Máy tính cá nhân (PC=**P**ersonal **C**omputer) là hệ thống máy tính thường được sử dụng nhiều nhất. Người ta phân biệt máy tính đơn (máy tính trạm) và máy tính mạng.

Máy tính đơn (máy tính cho một người dùng) là máy tính không kết nối với những máy tính khác. Ngược lại, **máy tính mạng** được nối chung với các máy tính khác để có thể trao đổi dữ liệu với nhau. Máy tính đơn trong mạng chịu sự quản lý bởi một chương trình của một máy tính trung tâm, còn gọi là máy chủ (Server), và cùng trao đổi dữ liệu với nó. Mạng máy tính thường được lắp đặt tại các xí nghiệp, các cơ quan, các trung tâm nghiên cứu hay trường học.

Hình 1: Chỉnh trước dụng cụ với sự trợ giúp của máy tính

Những thí dụ ứng dụng cho máy tính:

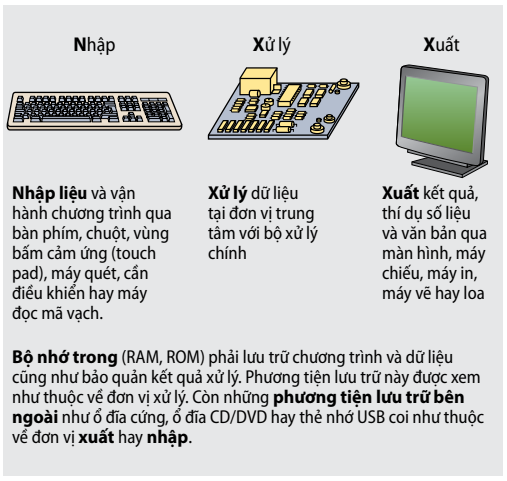
- Xử lý văn bản và tính toán theo bảng
- Thiết lập và quản lý cơ sở dữ liệu
- Soạn thảo tài liệu thuyết trình với phần xử lý hình và âm thanh
- Thiết kế với sự hỗ trợ của máy tính (CAD)
- Điều khiển các máy công cụ điều khiển số (CNC)
- Truyền dữ liệu đường dài, thí dụ qua Internet

7.2.1 Cách hoạt động của máy tính

Thông qua thiết bị nhập liệu, thí dụ bàn phím, dữ liệu sẽ được đưa vào máy tính. Máy tính hoạt động theo hệ thống số có hai giá trị (hệ nhị nguyên), vì nó chỉ có thể phân biệt được qua hai trạng thái "0" hoặc "1" - tức không có điện áp hoặc có điện áp. Tất cả các dữ liệu nhập vào đều được chuyển đổi (mã hóa) để hệ thống máy có thể đọc được và được xử lý tại đơn vị trung tâm theo các chương trình định sẵn. Các kết quả được xuất qua thiết bị đầu ra, như màn hình hoặc máy in. Máy tính hoạt động thông qua 3 bước (**Hình 2**):

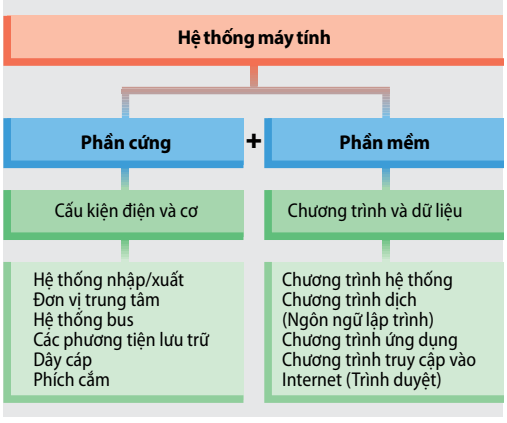
- **N**hập dữ liệu
- **Xử** lý dữ liệu
- **X**uất dữ liệu

} Nguyên tắc **NXX**



Hình 2: Nguyên tắc NXX (Nhập-Xử lý-Xuất) về xử lý dữ liệu

Hoạt động của máy tính được xem như là tác động hỗ tương giữa phần cứng và phần mềm. Tất cả các bộ phận điện tử hay cơ điện tử đều thuộc về phần cứng, toàn bộ những chương trình sử dụng và dữ liệu được xem là phần mềm (**Hình 3**).

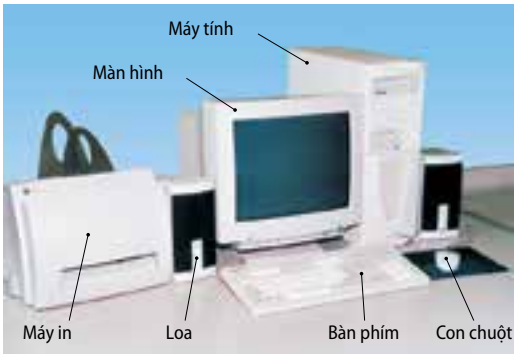


Hình 3: Phần cứng và phần mềm

7.2.2 Phần cứng

Các thành phần thiết bị của một máy tính trạm (máy tính nơi làm việc) hay một máy vi tính đều được lắp đặt bên trong của những lớp vỏ máy khác nhau.

Dạng thiết kế. Ở máy tính cá nhân phổ biến nhất là dạng đứng để bàn (tháp nhỏ, tháp trung, máy tính để bàn) và loại có thể đem theo như máy tính xách tay (Laptop), Notebook, Mini- hoặc Sub-Notebook, máy tính cầm tay (Netbook). Thiết bị phụ kèm theo với đòi hỏi tối thiểu phải có là một bàn phím (keyboard) và một màn hình (monitor). Con chuột hỗ trợ cho công việc trên màn hình được thoải mái dễ chịu hơn (**Hình 1** và **2**).



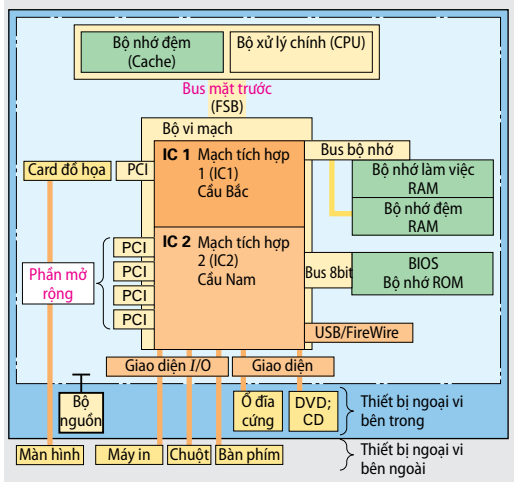
Hình 1: Hệ thống máy tính (PC)

Các bộ phận và chức năng

Các bộ phận điện tử quan trọng đều nằm trên **bo mạch chủ** (còn gọi là bảng mạch chính, card chính hoặc card mẹ) của máy tính. Nó được làm bằng nhựa tổng hợp (nhựa epôxy) và phủ nhiều lớp mạch dẫn điện, tạo khả năng trao đổi dữ liệu giữa các bộ phận thuộc đơn vị trung tâm. Tất cả các bộ phận nằm quanh đơn vị trung tâm hình thành những **thiết bị ngoại vi**. Tất cả các thiết bị nằm trong vỏ máy tính được gọi là thiết bị ngoại vi bên trong, thí dụ ổ đĩa cứng trong hay card đồ họa. Thiết bị nằm bên ngoài vỏ máy, thí dụ trong máy in, ổ USB, thuộc **thiết bị ngoại vi bên ngoài**. Thông qua phích cắm và dây cáp từ một bộ nguồn, bo mạch chủ được cung cấp điện cùng với các ổ đĩa đã lắp ráp sẵn, như ổ đĩa cứng, đĩa mềm, ổ đĩa CD/DVD và các giao diện kết nối đến các thiết bị ngoại vi. Việc trao đổi dữ liệu giữa các linh kiện điện tử thông qua hệ thống bus (dây nối). Đơn vị trung tâm là nơi xử lý các thông tin của hệ thống máy tính cá nhân.

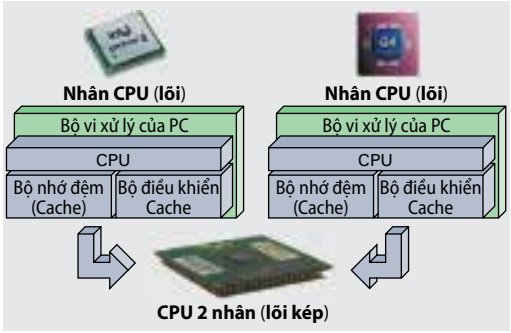
Hình 2: So sánh máy tính xách tay (Laptop) và máy tính cầm tay (Netbook)

Đơn vị trung tâm bao gồm bộ vi xử lý chính của **CPU** (đơn vị xử lý trung tâm) với một bộ nhớ đệm (Cache) nằm trong bộ vi xử lý (**Hình 3**). Thông qua một hệ thống tuyến Bus đặc biệt, tuyến Bus mặt trước (FSB=Front Side Bus), bộ vi xử lý được kết nối với **bộ vi mạch**. Đây là sự kết nối chủ yếu với 2 nhóm mạch tích hợp (IC= Intergrated Circuits), cho phép đơn vị xử lý trung tâm trao đổi dữ liệu với các bộ phận khác của máy tính. Dựa vào vị trí trên bo mạch chủ ta phân biệt cầu Bắc (Hướng Bắc, nằm ở phía trên) và cầu Nam (Hướng Nam nằm ở phía dưới). Hai cầu này được kết nối với những thành phần khác nhau. Mạch tích hợp 1 (IC1) dùng để thích nghi bus mặt trước (FSB) với bộ nhớ và card đồ họa. Mạch tích hợp 2 (IC2) bao gồm những giao diện khác nhau để gắn các thiết bị ngoại vi bên trong như ổ đĩa cứng và các thiết bị ngoại vi bên ngoài như con chuột, bàn phím hay máy in.



Hình 3: Nguyên lý cấu tạo của phần cứng máy tính cá nhân

■ **Bộ vi xử lý**. Theo nghĩa hẹp, bộ vi xử lý được dùng để chỉ CPU (Central Processing Unit = đơn vị xử lý trung tâm). Nó là đơn vị tính toán thực thụ và là "trái tim" của máy tính điện tử. Nó có nhiệm vụ giải quyết các lệnh của một chương trình. Lệnh chương trình được mang ra từ bộ nhớ và được giải mã. Sau đó được giải quyết và thực thi theo một quy tắc định sẵn (thuật toán) trong mạch điều khiển của bộ xử lý. Một khả năng nhằm tăng công suất một máy vi tính với nhiều bộ vi xử lý hoạt động song song: Trên thị trường hiện có loại CPU lõi kép (Dual core: hai nhân) hoặc CPU bốn lõi (Quad core) trên cùng một Chip (**Hình 1**).



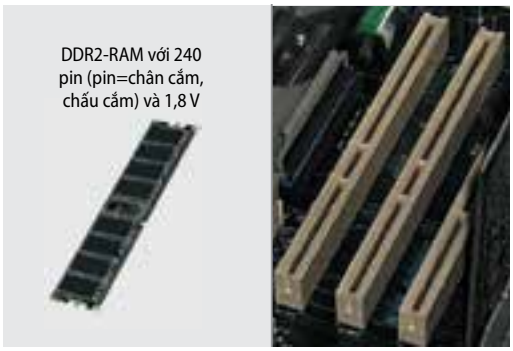
Hình 1: Bộ vi xử lý (CPU)

■ **Tần số giữ nhịp**. Tần số giữ nhịp quyết định tốc độ hoạt động của bộ vi xử lý, được tạo ra bởi một bộ dao động tinh thể thạch anh, bộ tạo xung nhịp. Nó là một đại lượng đặc trưng (thông số, chỉ số) quan trọng của CPU thông dụng (**Hình 2**). Đơn vị được sử dụng là Megahertz (MHz) hoặc Gigahertz (GHz). 2.000 MHz có nghĩa là 2 tỉ dao động trong 1 giây, nghĩa là trong một giây bộ xử lý hoạt động với 2 tỉ thời nhịp (chu kỳ làm việc). Tần số giữ nhịp không thể gia tăng tùy tiện, việc này sẽ dẫn đến nhiệt độ luôn bị tăng lên cao.

CPU	AMD Athlon XP	Pentium-IV
Tần số xung nhịp	1600-2200 MHz	2-2,4 GHz
Transitor	37 Mio.	55 Mio.
Diện tích	120 mm^2	146 mm^2
Khổ cấu trúc	0,18 μm	0,13 μm
Nhịp FSB (Bus mặt trước)	100/133 MHz	400 MHz
Tốc độ lưu trữ	1,06-2,1 GB/s	
Cache cấp độ 1	128 kB	
Cache cấp độ 2	256 kB	512 kB

■ **Các loại bộ nhớ**. Máy tính điện tử có loại bộ nhớ **khả biến** và bộ nhớ **bất biến**.

Bộ nhớ **khả biến** sẽ bị mất hết nội dung ghi nhớ khi nguồn điện bị ngắt. Tất cả những dữ liệu của các chương trình ứng dụng, cần phải nạp vào bộ nhớ chính, trước khi được bộ vi xử lý thực thi. Bộ nhớ có thể ghi, đọc và xóa. Khi tắt máy thì tất cả những dữ liệu và chương trình trong **RAM** (**Random Access Memory = bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên**) bị xóa đi. Tất cả những dữ liệu nào cần sử dụng lại, nên lưu trữ trước đó lên phương tiện lưu trữ dữ liệu. Bộ nhớ chính có dạng Module được gắn vào khe cắm đặc biệt trên bo mạch chủ (**Hình 3**).



Hình 3: Các mô đun nhớ và khe cắm của máy PC

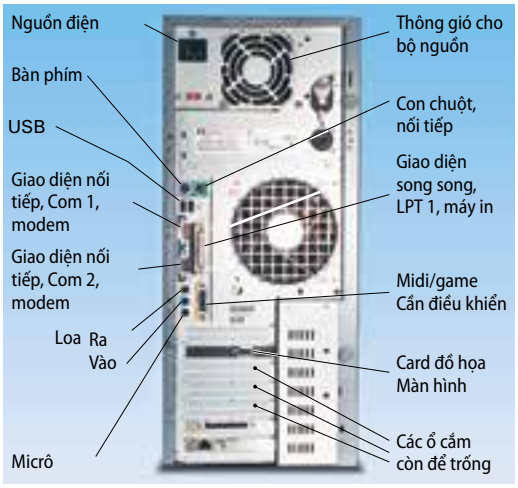
Bộ nhớ bất biến là **bộ nhớ cố định**, được gọi là **ROM** (Read Only Memory = bộ nhớ chỉ đọc). Bộ nhớ này được nhà sản xuất lập trình sẵn. Nội dung bên trong không thể thay đổi và vẫn được giữ lại kể cả khi tắt máy tính. ROM-BIOS (Basic Input Output System = hệ thống xuất-nhập cơ sở) bao gồm chương trình khởi động để kích hoạt máy tính. BIOS cần những dữ liệu của các phần cứng được kết nối với máy. Những dữ liệu này được lưu trữ trong phạm vi RAM, bộ CMOS-RAM của máy tính. Bộ nhớ cố định **ROM** và bộ nhớ hoạt động **RAM** là những **bộ nhớ trong** của máy tính.

■ **Bộ nhớ đệm** (**Cache** hay còn gọi là **bộ nhớ truy cập nhanh**). Đó là một bộ nhớ trung gian nhỏ (thí dụ khoảng 1 MB) thường được tích hợp trong bộ vi xử lý. Trong trường hợp truy xuất thường xuyên vào cùng một dữ liệu thì tần số giữ nhịp của bộ vi xử lý sẽ đọc từ bộ nhớ đệm (Cache) thay vì đọc từ RAM chậm chạp hơn. Điều này giúp gia tăng tốc độ hoạt động của hệ thống.

■ **Hệ thống Bus**. Các bộ phận của hệ thống máy tính được kết nối với nhau qua các kênh thu thập dữ liệu, gọi là Bus. Người ta phân biệt Bus địa chỉ, Bus dữ liệu và Bus điều khiển. Một máy tính bao gồm hệ thống Bus bên trong, thí dụ **FSB** (Front Side Bus = Bus mặt trước) hay **PCI** (Peripheral Components Interface = Giao diện thành phần ngoại vi) và hệ thống Bus bên ngoài, như **USB** (Universal Serial Bus = Bus nối tiếp vạn năng).

■ **Giao diện** (**Interface**). Đây là những điểm nối giữa những thiết bị khác nhau của máy tính, thí dụ giữa đơn vị trung tâm và máy in. Những giao diện chuẩn như nối tiếp, song song và giao diện USB đều đã được chuẩn hóa (**Hình 1**). Giao diện song song truyền tín hiệu cùng lúc trên các tuyến cáp song song. Phần nhiều máy in được kết nối qua chúng. Nó nhanh hơn giao diện nối tiếp. Giao diện nối tiếp này truyền tín hiệu đơn lẻ nối tiếp nhau và thường thích hợp cho những đường truyền dài. Thí dụ, con chuột được kết nối qua chúng.

USB (Universal Serial Bus = Bus nối tiếp vạn năng) mang chức năng như giao diện nối tiếp. Chúng dùng để tiêu chuẩn hóa cho nhiều dạng (thể loại) giao diện. Trong lúc máy tính đang chạy, ta vẫn có thể gắn hay ngắt kết nối mà không cần phải khởi động lại máy tính.



Hình 1: Các giao diện của PC

7.2.3 Diễn đạt thông tin trong máy tính

Máy tính chỉ có thể ghi nhận 2 trạng thái, có điện áp hay không có điện áp, do đó bộ vi xử lý hoạt động theo hệ thống số nhị phân, gồm chỉ hai con số "0" và "1".

Mỗi một ký hiệu nhập vào sẽ được chuyển đổi thành một số nhị nguyên và được diễn đạt qua một tổ hợp chữ số "0" và "1". Như thế, máy tính chỉ hoạt động với những con số. Mỗi một con số sẽ được phân bố cho một ký tự (mẫu tự, số thập phân, ký tự đặc biệt) nhất định.

Các chữ số "0" hay "1" là đơn vị thông tin nhị phân nhỏ nhất, được gọi là **Bit** (**B**inary **D**igit = số nhị phân hay ký hiệu có 2 trị số). Một chuỗi 8 Bit gom thành một đơn vị lớn hơn, gọi là Byte (**Hình 2**). Với một Byte ta có thể diễn đạt được từ 0 đến 255 giá trị trong hệ thống nhị phân. Như vậy, một Byte có thể mã hóa được $2^8 = 256$ ký tự khác nhau (**Bảng 1**). Loại mã hóa này được đánh số thứ tự thập phân và được sử dụng trong bảng mã chuẩn ANSI (**A**merican **N**ational **S**tandards **I**nstitute = Viện tiêu chuẩn quốc gia Hoa kỳ) (**Bảng 2**). Trong một số ứng dụng nhất định nào đó, người ta lại sử dụng đến bảng mã ASCII (**A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation Interchange = Mã tiêu chuẩn Hoa Kỳ dành cho việc trao đổi thông tin) với một ít thay đổi về ký tự.

Một ký tự được mã hóa với một Byte.

Trong bộ ký tự Unicode, mỗi ký tự được sử dụng đến 2 Byte. Điều này cho phép diễn đạt được toàn bộ các ký tự trong các ngôn ngữ giao lưu trên thế giới.

Số bit	8	7	6	5	4	3	2	1
Giá trị hàng số	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Giá trị thập phân	128	64	32	16	8	4	2	1

Hình 2: Cấu trúc của 1 Byte

Bảng 1: Mã hóa của mẫu tự A trong bảng mã ANSI

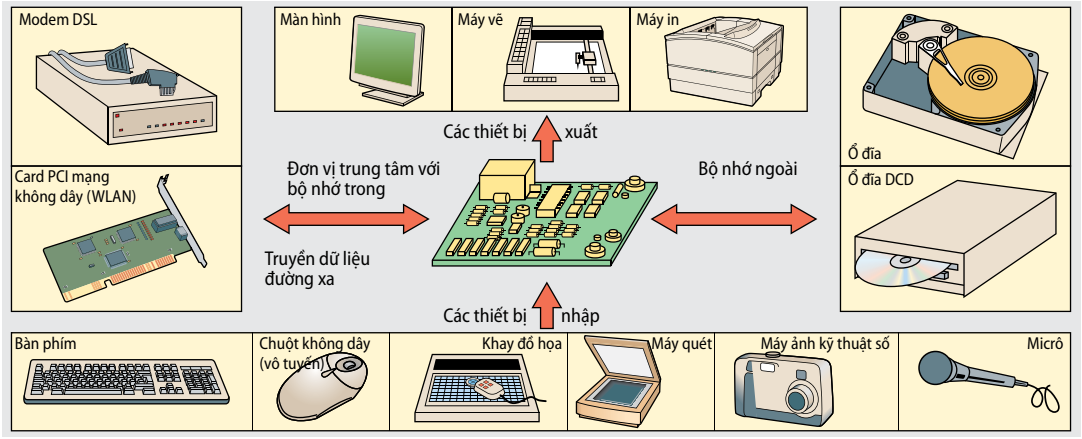
Giá trị hàng số	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Nhị phân	0	1	0	0	0	0	0	1
Số nhị phân	0100 0001							
Thập phân	0	**64**	0	0	0	0	0	**1**
Số của ký tự ANSI	64 + 1 = 65 → A Con số 65 của bảng ký tự ANSI là A							
Mã hóa	Máy tính mã hóa ký tự A với số nhị phân **0100 0001**							

Bảng 2: Mã hóa của mẫu tự A trong bảng mã ANSI (trích)

Trị số ANSI		Ký tự	Trị số ANSI		Ký tự
Thập phân	Nhị phân		Thập phân	Nhị phân	
009	0000 1001	Tab	065	0100 0001	A
043	0010 1011	+	066	0100 0010	B
051	0011 0011	3	067	0100 0011	C
052	0011 0100	4	097	0110 0001	a
053	0011 0101	5	098	0110 0010	b
060	0011 1100	<	099	0110 0011	c
061	0011 1101	=	123	0111 1011	{
062	0011 1111	?	125	0111 1101	}

7.2.4 Thiết bị ngoại vi

Thiết bị ngoại vi phục vụ trong việc nhập, xuất, lưu trữ và truyền tải dữ liệu (**Hình 1**).



Hình 1: Thiết bị ngoại vi

Thiết bị đầu vào (**Thiết bị nhập**). Những thiết bị đầu vào có thể kể đến như bàn phím, con chuột, khay đồ họa, máy quét, máy ảnh số và micrô (**Hình 1**).

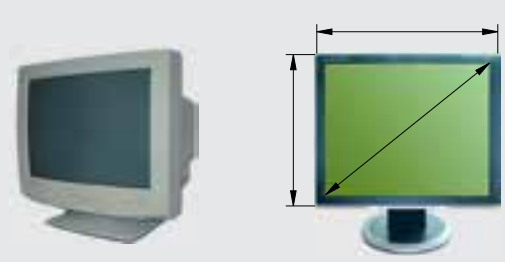
Thiết bị đầu ra (**Thiết bị xuất**). Màn hình (Monitor) và máy in là những thiết bị đầu ra quan trọng. Ở màn hình người ta phân biệt chủng loại theo kỹ thuật tạo ra hình. **Màn hình tia âm cực** (**CRT** = **C**athode **R**ay **T**ube) và **màn hình phẳng với tinh thể lỏng** (**LCD** = **L**iquid **C**rystal **D**isplay) hay **màn hình bóng bán dẫn màng mỏng** (**TFT** = **T**hin **F**ilm **T**ransistor). Màn hình phẳng tiết kiệm được chỗ và hoạt động hầu như không bị bức xạ và nhấp nháy (**Hình 2**).

Card đồ họa sẽ đảm nhiệm việc điều khiển màn hình, nó nằm trực tiếp trên bo mạch chủ.

■ Với **máy in Laser hay máy in phun mực,** dữ liệu có thể được in với độ phân giải (**dpi** = **d**ot **p**er **i**nch = số điểm trên mỗi inch) và tốc độ in khác nhau (**Hình 3**). Tốc độ in được quy định bởi số trang có thể in ra trong một phút.

Thông thường máy in Laser có thể in với độ phân giải 1200 x 600 dpi (chiều rộng x chiều cao) và với tốc độ 20 trang mỗi phút. Ở máy in phun mực thì người ta sử dụng độ phân giải 1200 x 1200 dpi (dpi = dots per inch = điểm/inch) với tốc độ 8 trang/phút.

Thiết bị truyền dữ liệu. Trong việc truyền dữ liệu từ xa (DFÜ), như thông qua mạng điện thoại công cộng (Internet), dữ liệu phải được chuẩn bị cho phù hợp. Thí dụ người ta phải dùng đến **bộ điều giải thuê bao số** (**DSL-Modem** = Digital Subscriber Line-Modem) hay **mạng cục bộ không dây** (**WLAN** = Wireless Local Area Network). Điều này cho phép dữ liệu được truyền với tốc độ cao, thí dụ 210 Mbit/s, gửi hoặc nhận.



Đèn tia âm cực (**CRT**=Catode Ray Tube)

Màn hình tinh thể lỏng (**LCD**=Liquid Crystal Display)

Chuẩn	Độ phân giải (Rộng x Cao)	Định dạng (Rộng:Cao)	Số màu tối đa
VGA	640 x 480	4 : 3	256
SVGA	800 x 600	4 : 3	16,7 triệu
XGA	1024 x 768	4 : 3	16,7 triệu
WXGA	1280 x 768 1280 x 800	15 : 9 16 : 10	16,7 triệu

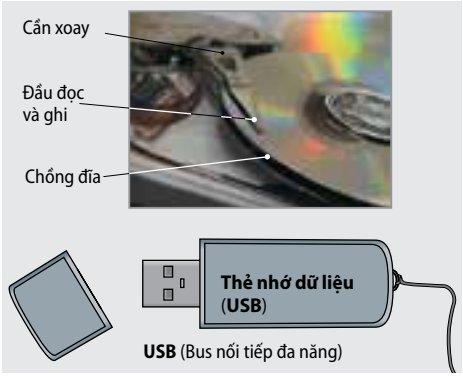
Bảng 2: Màn hình màu

Hình 3: Các loại máy in

Bộ lưu trữ ngoài

Chương trình và dữ liệu làm việc trong RAM sẽ mất hết sau khi máy tính bị tắt hay bị cúp điện. Do đó chúng cần được lưu trữ lâu dài ở bộ nhớ ngoài (đĩa).

■ **Ổ đĩa cứng** bao gồm một hay nhiều đĩa nhôm có lớp tráng đặc biệt (Hard Disk), với đầu đọc và ghi cùng bộ phận cơ nằm trong một vỏ kín và được lắp ráp sẵn trong máy tính (**Hình 1**). Ổ đĩa cứng khi định dạng được chia thành những đường rãnh từ và các góc cung. Ngoài ra ổ đĩa cứng có thể được phân vùng riêng. Mỗi một phân vùng này tương đương với một ổ đĩa lôgic được đề cập và quản lý. Đặc điểm về công suất của ổ đĩa là thời gian truy cập trung bình để tìm một thông tin trên đĩa được tính bằng phần triệu giây và tốc độ tải dữ liệu vào bộ nhớ chính được tính bằng Megabyte mỗi giây.



Hình 1: Thẻ nhớ dữ liệu (USB)

Những sự va chạm trong lúc ổ đĩa đang hoạt động hay liền ngay sau khi vừa tắt máy đều có thể làm hỏng ổ đĩa.

■ **Bộ lưu trữ khối lượng lớn USB** trao đổi dữ liệu qua tuyến Bus nối tiếp vạn năng (USB) và được trang bị sẵn một bộ nhớ dữ liệu điện tử. Dạng phổ biến nhất là **USB** (Hình 1). Nó thường có dung lượng lưu trữ lớn (nhiều GigaByte) và tốc độ truy cập cao, rất dễ sử dụng. Dữ liệu được lưu trong bộ lưu trữ Flash. Đó là loại lưu trữ kỹ thuật số, được gọi là Flash-EEPROM *(EEPROM=Electrically-erasable programmable read-only memory=Bộ nhớ chỉ đọc lập trình được, xóa được bằng điện tử)*.

Do các ô nhớ bị ăn mòn dần nên nhà sản xuất chỉ đảm bảo khoảng 100.000 lần ghi chép cho mỗi ô nhớ. Các thiết bị khác cũng vậy, thí dụ như ổ đĩa cứng ngoài hoặc máy ảnh số, cũng có thể thông qua cổng USB gắn với máy tính điện tử.

■ **Các loại lưu trữ quang học** bao gồm **CD** (**C**ompackt **D**isk) và **DVD** (**D**igital **V**ersatile **D**isk). Đây là những loại đĩa Laser ghi chép bằng kỹ thuật số làm bằng nhựa Polycarbonate. Đĩa CD có thể lưu trữ đến 800 MB và sử dụng chủ yếu làm nơi lưu trữ chỉ-để-đọc (**CD-ROM**). Qua một đầu ghi CD, loại đĩa CD-R chỉ ghi chép được một lần, còn loại đĩa CD-RW thì có thể xóa đi và ghi chép lại, tuy nhiên phải xóa hoặc ghi toàn bộ.

■ **Một đĩa DVD** có thể chứa đến 17 GB dữ liệu. Nó được dùng cho việc lưu trữ các ứng dụng với khối lượng dữ liệu lớn, chẳng hạn phim truyện và đặc biệt rất thích hợp cho lĩnh vực đa truyền thông và Video. Với ổ đĩa DVD, ta cũng có thể đọc được đĩa CD-ROM.

7.2.5 Khởi động máy tính

Khi bật máy tính (**khởi động nguội**), một chương trình (**POST** = **P**ower **O**n **S**elf **T**est) trong ROM sẽ tự kiểm tra những thành phần quan trọng chính của máy tính. Nếu không phát hiện lỗi, thí dụ ổ đĩa mềm bị hư, thì quá trình khởi động tiếp tục chạy. Các dữ liệu từ ROM tiếp tục được tải nạp, bổ sung cùng những dữ liệu cho cấu hình phần cứng từ CMOS. Như thế các thiết lập cơ bản xem như đã có sẵn. Bây giờ đến lượt BIOS vào cuộc để kiểm soát việc truy cập phần cứng, như lưu trữ dữ liệu trên ổ đĩa cứng và kế tiếp là nạp hệ điều hành (**Bảng 1**).

Khởi động nóng (thông qua Windows với các phím Ctrl+Alt+Del) là một cách khởi động dưỡng máy (thân thiện), không cần phải tắt hẳn máy tính.

Bảng 1: Quá trình khởi động máy tính

Bước	Quá trình
1	**Khởi động máy tính** Khởi động nguội hay khởi động nóng
2	**Máy tính tự kiểm tra** Kiểm tra sự hoàn hảo của các chức năng
3	**Đọc các thông tin từ ROM** thí dụ số lượng và thể loại các ổ đĩa được kết nối
4	**Nạp các đoạn chương trình cơ bản (chương trình thủ tục)** thí dụ điều khiển chức năng xuất – nhập
5	**Nạp hệ điều hành** Thí dụ Windows XP, Vista, Windows 7, Linux
6	**Hệ điều hành nạp những tập tin về cấu hình** Tạo sự thích ứng giữa hệ điều hành với các phần cứng
7	**Nạp giao diện đồ họa cho người sử dụng**

7.2.6 Hệ điều hành

Hệ điều hành máy tính là một số những chương trình (chương trình hệ thống) cần thiết cho sự hoạt động của máy tính, giúp việc sử dụng được giản tiện và thuận lợi hơn. Nó bao gồm những chương trình dịch vụ, quản lý dữ liệu trong bộ nhớ và trên các phương tiện lưu trữ dữ liệu (ổ đĩa) như tải, sao chép, xóa và đổi tên các tập tin. Ngoài ra nó còn bao gồm cả những chương trình điều khiển việc trao đổi dữ liệu thông qua các giao diện, như máy in và kiểm tra lỗi. Người sử dụng tiếp cận với máy tính thông qua hệ điều hành. Thông qua nó mà người sử dụng, kể cả những chương trình ứng dụng, đều có thể truy cập được với hầu hết các thiết bị phần cứng. Như thế, hệ điều hành có thể xem như là một giao diện giữa người sử dụng với máy tính, cũng như với những thiết bị được kết nối và với các chương trình ứng dụng. Nó cung ứng cho người sử dụng một giao diện đồ họa, có thể điều khiển qua con chuột (mouse) và có thể thực thi nhiều chương trình chạy cùng lúc (tính đa nhiệm).

Có nhiều hệ điều hành khác biệt được tạo ra dành cho nhiều lĩnh vực ứng dụng máy tính khác nhau (**Bảng 2**). Những đặc điểm chủ yếu nằm ở thể loại dành cho cấu trúc 32-Bit hay 64-Bit, ở khả năng quản lý khối lượng của bộ nhớ chính cũng như ở khả năng nối mạng.

Bảng 1: Những chức năng chính của một hệ điều hành

- **Điều khiển các đơn vị xuất – nhập**
  Bàn phím, con chuột, máy quét, màn hình,máy in, ổ đĩa cứng, ổ đĩa CD-ROM
- **Thực thi các lệnh và điều khiển chương trình**
  Thí dụ cung ứng các trình phục vụ và thi hành nó, chương trình định dạng, xóa và sao chép các tập tin, hiển thị các thư mục
- **Quản lý dữ liệu**
  Dữ liệu lưu vào ổ đĩa cứng hay ổ đĩa mềm và khi cần thì nạp vào bộ nhớ làm việc
- **Tạo điều kiện vận hành và sử dụng các chương trình**
  Thí dụ như khởi động chương trình văn bản và giám sát các trình tự
- **Tạo ra các thông báo lỗi hay thông báo hướng dẫn**, thí dụ như "không có giấy trong máy in"

Bảng 2: Các hệ điều hành (Trích)

Tên gọi	Đặc điểm
Windows NT, Windows 2000, XP, Vista, Windows 7, UNIX, LINUX, Apple Mac OS	**Hệ máy khách (Máy tính cho người sử dụng)** Thao tác trên máy tính thông qua một giao diện đồ họa dành cho người sử dụng. Thích hợp với một mạng máy tính nhỏ hơn, các ứng dụng Internet, các hệ chương trình đa nhiệm (Multi-tasking). LINUX là một hệ điều hành mở, miễn phí cho phép nhiều người sử dụng cùng một lúc, tương tự như UNIX
Windows Server 2008 Novell Netware UNIX LINUX	**Hệ điều hành máy chủ (Máy tính trung tâm)** Là những hệ điều hành mạng chuyên nghiệp, tùy theo các phiên bản, dành cho các mạng máy tính lớn, thí dụ như các tập đoàn xí nghiệp, các trung tâm hành chính và trung tâm đào tạo. Mẫu mực cho các phân bổ về quyền truy cập và các cơ chế về an toàn bảo mật.

7.2.7 Virus máy tính

Virus là một chương trình xâm nhập vào máy tính, thí dụ như thông qua đĩa mềm của người lạ hay thông qua mạng Internet, gây tổn hại cho hoạt động máy tính.

Người ta phân biệt loại **virus hệ thống**, nó bám chặt vào vùng khởi động (vùng thiết lập) của ổ đĩa, loại **virus chương trình**, thâm nhập vào các chương trình có thể thực thi và loại **virus tư liệu**, được kích hoạt khi mở các tập tin đính kèm theo thư điện tử (E-Mail). Những loại virus này có thể dẫn đến sự mất mát toàn bộ dữ liệu, gây thiệt hại to lớn trong nền kinh tế quốc dân.

Ôn tập và đào sâu

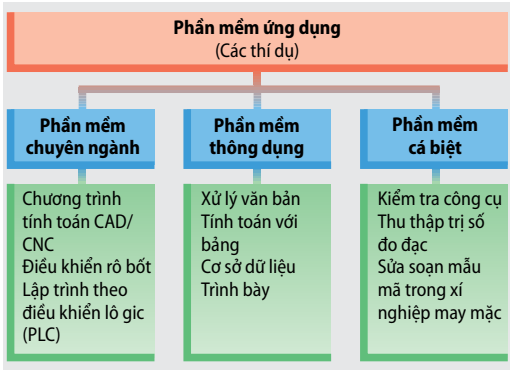
1. Hãy mô tả nguyên lý cơ bản cho cách hoạt động của máy tính?
2. Hãy giải thích khái niệm Bit và Byte
3. Hãy cho biết tên gọi các thành phần (linh kiện) quan trọng được gắn trên bo mạch chủ.
4. Hãy cắt nghĩa những thành phần chính của một bộ vi xử lý và các nhiệm vụ của nó.
5. Đặc điểm khác biệt nào giữa RAM và ROM?
6. Công suất của một máy tính được định qua tiêu chí nào?
7. Người ta phân biệt những loại giao diện nào?
8. Các mẫu tự được xử lý trong máy tính ra sao?
9. Hãy giải thích khái niệm ổ đĩa DVD.
10. Hệ điều hành của máy tính có nhiệm vụ gì?

7.2.8 Phần mềm ứng dụng

Phần mềm ứng dụng cho phép ta sử dụng máy tính mà không cần phải có kiến thức về các phần cứng cũng như không cần phải nắm vững về ngôn ngữ lập trình. Thông qua một **trình đơn** (**menu**), giống như của điện thoại di động, người sử dụng có thể kích hoạt các tác động với con chuột hoặc bàn phím.

> Phần mềm ứng dụng cho phép ta sử dụng máy tính mà không cần phải có kiến thức chuyên môn về kỹ thuật thông tin đặc biệt nào cả.

Ta phân biệt các loại phần mềm thông dụng, phần mềm chuyên ngành và phần mềm cá biệt (**Hình 1**).

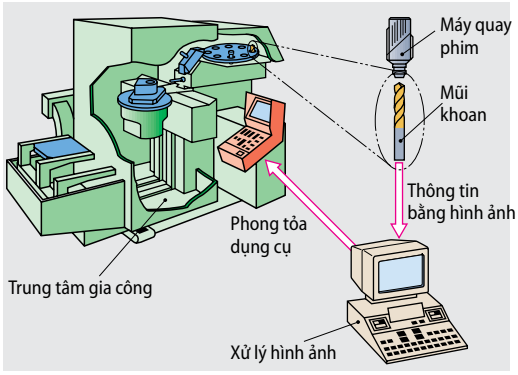


Hình 1: Phần mềm ứng dụng

■ **Phần mềm thông dụng** *(phần mềm tiêu chuẩn với những chức năng tối thiểu, ngược lại với phần mềm mở rộng)* được dùng cho những công việc giống nhau, độc lập với những nhu cầu đặc biệt dành cho cá nhân hay nghiệp vụ, thí dụ xử lý văn bản. Phần mềm thông dụng được sản xuất nhằm đáp ứng giải quyết các công việc thường nhật trong kỹ nghệ, trong quản trị cũng như trong phạm vi cá nhân. Phần mềm có tính bao quát các ngành do đó được phổ biến rất rộng.

■ **Phần mềm chuyên ngành** đáp ứng công việc của những ứng dụng nhất định, thí dụ lập trình và điều khiển máy công cụ CNC, tạo các thiết kế với CAD hoặc lập bảng chào hàng của một xí nghiệp thủ công.

■ **Phần mềm cá biệt** (phần mềm riêng biệt hay phần mềm đặc thù) nhắm vào việc giải quyết các nhu cầu đặc biệt của từng người tiêu dùng và được lập trình chính xác theo yêu cầu riêng biệt của vấn đề. Thí dụ, có thể kể đến như hệ điều khiển các thiết bị vận chuyển trong kho hàng có giàn kệ cao hoặc giám sát máy khoan qua hệ thống xử lý ảnh (**Hình 2**).



Hình 2: Giám sát mũi khoan qua hệ thống xử lý ảnh

Các chương trình phần mềm thông dụng:

- Xử lý văn bản
- Tính toán với bảng
- Cơ sở dữ liệu
- Thuyết minh

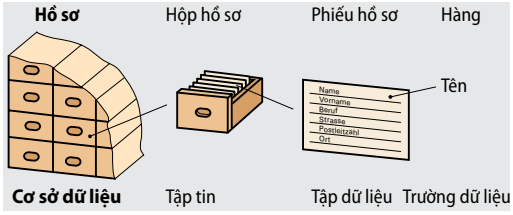
■ **Tính toán với bảng**. Chương trình tính toán với bảng phân bảng ra thành những ô với số cột và số hàng cố định (**Hình 3**). Các ô có thể ghi chép với văn bản hay trị số hoặc lưu lại với các công thức. Sự tính toán trong ô mang công thức diễn ra tự động, khi các ô liên đới trong công thức được điền trị số vào (Hình 3, ô F5).

Số hàng — Cột A...F

	A	B	C	D	E	F
1						
2	Tính toán chi phí					
3	= = = = = = = =		Số giờ	Lương giờ	%	Thành tiền
4	Chi phí vật liệu					98.70 €
5	Lương gia công		12.00	16.40 €	120	236.16 €

Ô C5 — Ô D5 — Công thức = C5*D5*E5/100

Hình 3: Trích đoạn từ phiếu làm việc của một chương trình tính toán với bảng



Hình 4: So sánh hồ sơ – cơ sở dữ liệu

■ **Chương trình cơ sở dữ liệu**. Chương trình cơ sở dữ liệu nhằm phục vụ việc lưu trữ và quản lý khối lượng dữ liệu phong phú hơn. Trong một hệ thống cơ sở dữ liệu, những dữ liệu đơn lẻ được lưu trữ trong bảng theo những cách khác nhau, thí dụ như hồ sơ khách hàng, hồ sơ nhà kho, hồ sơ nhân sự. Ta có thể so sánh được cấu trúc của các dữ liệu này với cách quản lý dữ liệu bằng các hộp phiếu hồ sơ thông thường (**Hình 4**).

Thí dụ: Một xí nghiệp muốn lập những hóa đơn qua phương pháp xử lý dữ liệu. Với một hệ thống cơ sở dữ liệu, họ tạo một tập hồ sơ khách hàng (**Hình 1**), một tập hồ sơ về mặt hàng, một tập hồ sơ mẫu hóa đơn và một tập hồ sơ kế toán. Để lập hóa đơn, mẫu hóa đơn sẽ được lọc ra từ bộ hồ sơ mẫu hóa đơn. Những dữ liệu cần thiết của khách hàng thì lấy từ bộ hồ sơ khách hàng. Mỗi loại mặt hàng lên hóa đơn với tên gọi và giá cả cũng được tiếp nhận từ hồ sơ mặt hàng. Hóa đơn thực hiện xong được in ra và lưu trữ trong tập tin hồ sơ hóa đơn để giám sát việc thanh toán.

Mã số khách hàng	Họ	Tên	Đường	Mã số bưu điện	Nơi ở
00037845	Müller	Alexander	Hauptstr. 4	70563	Stuttgart
00048357	Schmid	Rolf	Schillerstr. 5	70173	Stuttgart

Tập dữ liệu

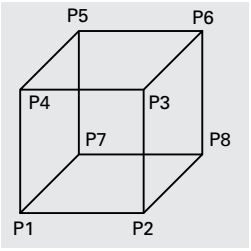
Trường dữ liệu

Hình 1: Tập tin về khách hàng

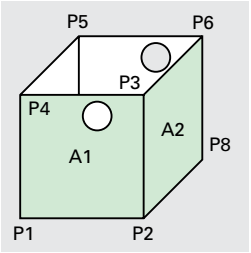
■ Xử lý văn bản

Với chương trình xử lý văn bản, văn bản và bảng được thiết lập, soạn thảo, định dạng, in và quản lý. Việc chèn, ghi đè lên, di dời, sao chép hay xóa các ký tự rời, các từ, các câu, các đoạn... gọi là **biên soạn**. **Xuống hàng**, có nghĩa là dời những chữ bắt đầu xuống dòng kế tiếp và việc **sang trang mới** được diễn ra tự động. **Định dạng** là cách gọi cho sự sắp xếp hình thức bề ngoài (diện mạo) của văn bản. Có thể kể thêm vào, thí dụ như các **kiểu chữ** (loại phông), **kích cỡ** và **hiệu ứng chữ** khác nhau. Ở những **văn bản được căn chỉnh theo khối**, tất cả các dòng sẽ được căn chỉnh thẳng hàng theo lề trái lẫn lề phải, qua đó khoảng cách giữa các chữ (trong dòng) sẽ được tự động điều chỉnh.

Chương trình xử lý văn bản còn có chức năng hỗ trợ việc **kiểm tra ngữ pháp** và **văn phạm** cũng như dùng **cách ngắt từ**. Những đoạn văn lập lại, như tiêu đề lá thư, các cụm từ tiêu chuẩn hoặc địa chỉ có thể thiết lập thành những **khối văn bản mẫu** (**mô đun văn bản**), để mỗi khi soạn văn bản mới, có thể lôi ra và gắn vào. Thông qua việc kết hợp với cơ sở dữ liệu về khách hàng, ta có thể tạo ra những **loạt thư** với cùng nội dung.



Hình 2: Mô hình khung 3D (mô hình dây/đường thẳng)

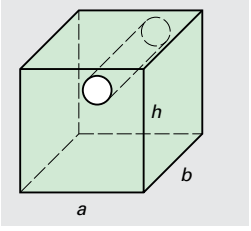


Hình 3: Mô hình mặt phẳng 3D (3 chiều)

■ Chương trình CAD (Thiết kế với trợ giúp của máy tính)

Phát triển kỹ thuật CAD đã bắt đầu với các **mô hình dây** (**mô hình khung/mô hình đường thẳng**) 2 chiều (2D) và 3 chiều (3D) để tạo ra các bản vẽ kỹ thuật. Ngày nay với các chương trình CAD-3D hiện đại có thể tạo ra các **mô hình khối 3 chiều**. Từ đó, các hình vẽ kỹ thuật theo chuẩn DIN 6 có thể mô phỏng được các mô hình trong không gian (cạnh cân xứng, cạnh bất cân xứng*) cũng như những mô hình của các đối tượng động, sinh động, trung thực như ảnh chụp. Ngoài ra các **đặc điểm cấu kiện** như thể tích, trọng lượng, trọng tâm hay moment quán tính, có thể tính toán được. Các mô hình CAD có thể dùng làm dữ liệu nhập cho quy trình sản xuất và điều khiển của máy công cụ CNC. CAD là một phần của CIM, sản xuất tích hợp với sự trợ giúp của máy tính (Computer Integrated Manufacturing), trong đó thiết kế với sự trợ giúp của máy tính (CAD=Computer Aided Design) kết hợp cùng sản xuất với trợ giúp của máy tính (CAM=**c**omputer **a**ided **m**anufacturing).

Hầu hết các chương trình đều dựa vào định dạng tập tin riêng. Điều này đã gây trở ngại cho việc trao đổi dữ liệu giữa các chương trình CAD khác nhau, do đó đã có những tiêu chuẩn về **định dạng trao đổi tập tin**. Như định dạng DXF[1] dành cho định dạng trao đổi dữ liệu về các bản vẽ, đã được củng cố vững chắc. Các định dạng dữ liệu CAD không phụ thuộc hệ thống như VDA-FS[2] và IGES[3] dành cho việc truyền dữ liệu mô hình mặt phẳng cũng như STEP[4] dành cho việc truyền dữ liệu mô hình khối.



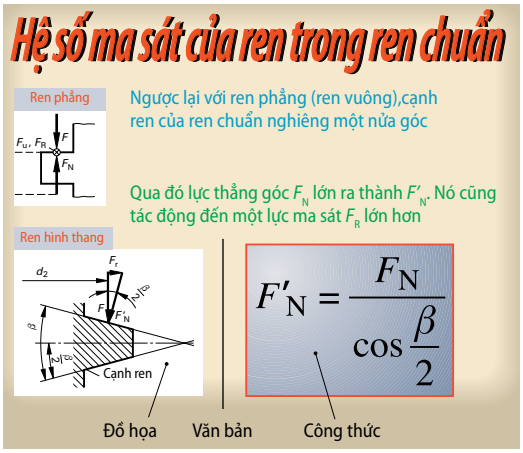
Hình 4: Mô hình khối 3D (3 chiều)

*) Khái niệm dùng trong kỹ thuật vẽ với không gian 3 chiều
Isometrie: với tỷ lệ 3 trục tọa độ 1:1/1:1/1:1 và góc lệch trục 30°/30°
Dimetrie: với tỷ lệ trục tọa độ 1:1/1:2/1:1 và góc lệch trục là 7°/42°
Trimetrie: với tỷ lệ trục tọa độ 9:10/1:2/1:1 và góc lệch trục là 5°/18°

[1] DXF (drawing interchange format) = Định dạng trao đổi dữ liệu thiết kế.
[2] VDA-FS (Verband der Automobilindustrie - Flächenschnittstelle) = Giao diện mặt phẳng của Hiệp hội ngành Công nghiệp Ô tô.
[3] IGES (Initial Graphics Exchange Specification) = Định chuẩn trao đổi đồ họa khởi tạo.
[4] STEP (Standard for the Exchange of Product model data) = Tiêu chuẩn chuyển đổi dữ liệu cho mô hình của sản phẩm.

■ Chương trình thuyết minh (Chương trình trình bày/giới thiệu)

Với một chương trình thuyết minh, chúng ta có thể diễn đạt những thông tin và những thông điệp cốt yếu về một trong những chuyên đề một cách rõ ràng và nhìn dễ hiểu (trực quan). Những thông tin như văn bản, vật thể đồ họa, biểu đồ hoặc công thức, được trình bày trong máy tính, trên những tấm nhựa mỏng theo từng trang (**Hình 1**). Nó có thể được lồng thêm âm thanh và những vật thể chuyển động (hoạt hình). Với một máy tính xách tay (Laptop) hay với sự hỗ trợ của một máy chiếu (Beamer), ta có thể giới thiệu thuyết trình ở khắp mọi nơi. Hình thức thuyết minh này thường được sử dụng trong các tiết giảng ở trường học hay trong phạm vi kỹ nghệ và khoa học.

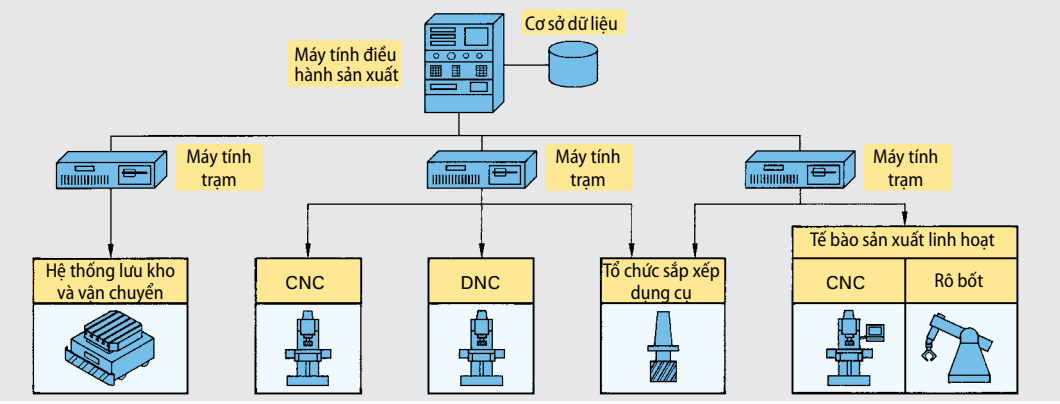


Hình 1: Tờ nhựa mỏng từ chương trình thuyết minh

7.2.9 Tác động của kỹ thuật máy tính vào kinh tế và xã hội

Việc ứng dụng máy tính và bộ vi xử lý trong sản xuất, trong dịch vụ và trong lĩnh vực tư nhân đều có tác động đến đời sống kinh tế và xã hội của loài người.

Thông qua việc sản xuất với tích hợp của máy tính (CIM) và sản xuất với hỗ trợ của máy tính (CAM), công việc trong kỹ nghệ được thay đổi. Máy tính điều hành sản xuất với máy tính trạm được nối mạng, điều khiển và giám sát các hệ thống kho bãi, hệ thống vận chuyển, các quy trình sản xuất và dữ liệu xí nghiệp, thí dụ như việc sắp xếp phân bổ cho từng máy (**Hình 2**).



Hình 2: Ứng dụng máy tính trong sản xuất

Những tác động vào kinh tế và xã hội của nền sản xuất được máy tính hỗ trợ:

- **Giá thành sản phẩm giảm**, nhờ việc rút ngắn được thời gian sản xuất và tiết giảm hàng tồn kho.
- **Tính năng động sản xuất và chất lượng sản phẩm cao hơn**, thông qua việc sử dụng máy công cụ NC.
- **Chất lượng sản phẩm cao hơn**, nhờ giảm được thời gian và chi phí nghiên cứu cho những sản phẩm mới.
- **Nhân đạo hóa chỗ làm việc**, thí dụ những công việc đơn điệu và hại sức khỏe như công việc hàn, sơn sẽ được máy móc đảm nhiệm.
- **Mất chỗ làm** trong khu vực sản xuất, do máy móc được điều khiển bởi máy tính tự động làm hết.
- **Tạo công việc làm mới** trong khâu chuẩn bị và giám sát các hệ thống có máy tính điều khiển.

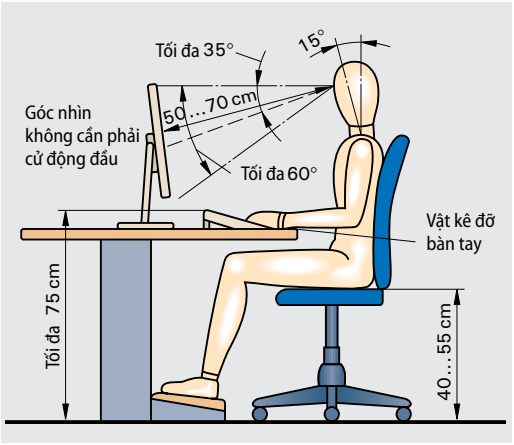
7.2.10 Bảo hộ lao động bên máy tính

Không thể loại trừ khả năng thiệt hại sức khỏe gây ra do phải làm việc lâu dài với máy tính (chỗ làm việc với màn hình). Thông qua công thái học (khoa học lao động, ecgonomic) tại bàn làm việc máy tính, sẽ hạn chế được những tác hại (**Hình 1**).

Công thái học tại chỗ làm việc với máy tính bao gồm sự thích nghi với các thiết bị làm việc và môi trường lao động xung quanh, để bảo vệ sức khỏe cho người làm việc.

Sự vận dụng mắt thái quá có thể gây mờ mắt, tư thế ngồi sai sẽ gây mỏi cổ đau vai cũng như ảnh hưởng đến tâm lý bị đơn điệu và căng thẳng.

Nên tránh những nguồn sáng phản chiếu từ màn hình. Phòng làm việc không nên quá tối và sau khoảng 2 giờ làm việc với màn hình, nên nghỉ giải lao khoảng 15 phút.



Công thái học tại bàn làm việc với màn hình

7.2.11 Bảo vệ dữ liệu

Việc xử lý thông tin tạo điều kiện có thể lấy các dữ liệu lưu trữ ra trong vài giây để xử lý và thẩm định. Nhằm ngăn chặn sự lạm dụng những dữ liệu được lưu trữ trong các cơ quan nhà nước hay trong kinh tế, mọi dữ liệu thuộc cá nhân của người dân, cũng như những dữ liệu sự vụ thuộc cơ quan, phải được bảo vệ trước những truy cập trái phép. **"Đạo luật bảo vệ sự lạm dụng dữ liệu thuộc cá nhân trong xử lý dữ liệu"** (Bộ luật bảo vệ liên bang Đức) và **các đạo luật bảo vệ dữ liệu của tiểu bang** ấn định rõ chức năng này.

Biện pháp bảo vệ chống sự lạm dụng dữ liệu trực thuộc cá nhân

- Quy định việc **kiểm tra nạp dữ liệu**, của ai và khi nào được quyền nạp dữ liệu vào.
- Ngăn chặn **kiểm tra quyền lưu trữ** cho phép người lạ biết được những dữ liệu lưu trữ.
- **Kiểm tra người sử dụng,** để ngăn cản người lạ tiếp cận dữ liệu.
- **Kiểm tra việc chuyển dữ liệu**, để đảm bảo những dữ liệu khi chuyển được giám sát.
- **Kiểm tra việc truy cập**, nhằm ngăn cấm người lạ thâm nhập trái phép vào cơ sở máy tính.

Công dân có những quyền hạn sau đối với việc thu thập dữ liệu cá nhân:

- **Quyền được thông tin** về những dữ liệu lưu trữ liên quan đến mình.
- **Quyền được đính/cải chính** những dữ liệu lưu trữ sai sót.
- **Quyền được xóa bỏ**, nếu việc lưu trữ dữ liệu bất hợp lệ hoặc các dữ liệu không còn cần thiết nữa.
- **Quyền được thông báo** khi dữ liệu về mình được thu thập và lưu trữ.

Ôn tập và đào sâu:

1 Hãy giải thích khái niệm phần mềm ứng dụng và phân chia nó thành các lĩnh vực phần mềm khác.
2 Chương trình cơ sở dữ liệu được kết cấu ra sao và được sử dụng cho mục đích gì?
3 Việc tham gia của máy tính vào môi trường lao động đã ảnh hưởng đến kinh tế và xã hội như thế nào?
4 Qua những biện pháp nào người ta có thể tránh được những thiệt hại về sức khỏe khi làm việc với máy tính?
5 Những biện pháp nào cần áp dụng cho việc bảo vệ dữ liệu?
6 Công dân có những quyền nào trong việc thu thập dữ liệu của cá nhân mình?

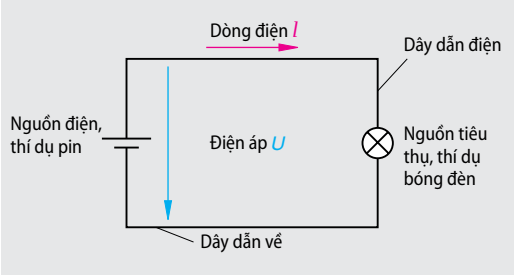
8 Kỹ thuật điện

Hầu hết máy móc, thiết bị và hệ thống sử dụng trong các kỹ thuật cho sản xuất, giao thông, thông tin và viễn thông hiện đại đều có chứa các linh kiện kỹ thuật điện. Do năng lượng điện có thể truyền tải dễ dàng nên điện được sử dụng ở mọi nơi. Trong các thiết bị, điện năng được chuyển đổi sang các dạng năng lượng khác nhau. Người ta cũng có thể sử dụng trực tiếp năng lượng điện với điện thế, cường độ dòng điện và tần số thích hợp. Trong kỹ thuật sản xuất, việc chuyển đổi điện năng thành các dạng năng lượng khác đóng một vai trò đặc biệt, thí dụ như cơ năng (trong động cơ điện), nhiệt năng (trong lò tôi cảm ứng), ánh sáng (hàn bằng hồ quang).

8.1 Mạch điện

Dòng điện chỉ chuyển động trong một vòng mạch điện khép kín. Mạch điện này phải gồm ít nhất nguồn điện, tải, dây dẫn điện đi và về (**Hình 1**).

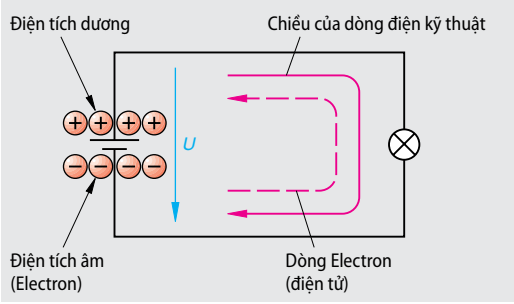
Nguồn điện áp có thể được so sánh giống như một bơm thủy lực (trang 453). Nó có nhiệm vụ phân chia điện tích. Điện tích được phân chia này gồm điện tích âm và dương, có xu hướng cân bằng lẫn nhau. Sự cân bằng điện tích sẽ diễn ra khi có dây dẫn và tải tiêu thụ. Bằng cách này điện năng được truyền từ nguồn điện áp tới dụng cụ tiêu thụ điện, thí dụ như bóng đèn, và tại đó được chuyển đổi thành ánh sáng và nhiệt năng.



Hình 1: Mạch điện

8.1.1 Điện áp

Sự phân chia điện tích làm cho ở cực dương sẽ thừa điện tích dương, điều này dẫn tới sự thiếu hụt electron (điện tử) tại cực dương và thừa electron ở cực âm (**Hình 2**). Sự thiếu và thừa electron luôn luôn có xu hướng tự động cân bằng lẫn nhau. Điện áp này sẽ càng lớn nếu sự chênh lệch điện tích giữa 2 cực càng lớn.



Hình 2: Điện áp và dòng điện

Điện áp được sinh ra bởi sự phân chia của các hạt tích điện.

Đơn vị của điện áp là Volt (V), theo tên của nhà vật lý người Ý Alessandro Volta (1745-1827).

Điện áp được đo bằng Volt (V).

Để cung cấp điện áp người ta sử dụng nhiều loại nguồn điện áp khác nhau (**Bảng 1**). Các lưới điện xoay chiều sử dụng điện năng từ đường dây của các nhà sản xuất điện. Do có nhiều thiết bị yêu cầu hoạt động với các nguồn điện thế đặc biệt (**Bảng 2**), nên người ta dùng máy biến thế để tạo ra các nguồn điện thế này.

Bảng 1: Nguồn điện

Nguồn điện	Điện áp danh nghĩa
Pin tròn đơn	1,5 V
Pin tròn kép	3 V
Ắc-quy xe hơi	12 V, 30 V
Lưới điện xoay chiều	400 V

Bảng 2: Điện áp cho các ứng dụng khác nhau

Ứng dụng	Điện áp
Xử lý dữ liệu	5 V
Van cảm ứng từ	24 V
Kỹ thuật hàn	Đến 70 V
Lưới điện địa phương	230 V, 400 V
Công nghiệp nặng	110.000 V
Đường dây cao thế	400.000 V

8.1.2 Dòng điện

Khi nối một thiết bị tiêu thụ điện với một nguồn điện, các điện tích âm và dương có xu hướng tự cân bằng lẫn nhau. Các electron sẽ chạy từ cực âm của nguồn, qua thiết bị tiêu thụ tới cực dương. Dòng electron được gọi là dòng điện. Số lượng electron chuyển động trong 1 giây qua mặt cắt ngang của dây dẫn càng lớn thì dòng điện chạy qua càng lớn.

Dòng electron chạy qua thiết bị tiêu thụ và dây dẫn được gọi là dòng điện.

Đơn vị của dòng điện là Ampe (A), theo tên của nhà vật lý người Pháp André Ampère (1775-1836).

Dòng điện được đo bằng đơn vị Ampe (A).

Thiết bị tiêu thụ điện không những hoạt động với điện áp khác nhau mà còn hoạt động với những cường độ dòng điện khác nhau (**Bảng 1**).

■ Chiều dòng điện

Chiều của dòng điện được quy ước là chiều từ cực dương sang cực âm. Sau đó người ta nhận thấy: dòng electron chuyển động từ cực âm sang cực dương. Tuy nhiên trong kỹ thuật, người ta vẫn giữ nguyên chiều dòng điện như chiều đã quy ước ban đầu. Đây được gọi là chiều của dòng điện kỹ thuật (Hình 2, Trang 569).

■ Tác dụng của dòng điện

Người ta không thể quan sát trực tiếp dòng điện bằng mắt thường. Ta chỉ có thể nhận biết qua những tác động của nó (**Bảng 2**). Những tác động này được ứng dụng để đo cường độ dòng điện và điện áp.

■ Đo dòng điện và điện áp

Thiết bị đo dòng điện (ampe kế) đo dòng điện chạy qua chính thiết bị này. Vì vậy máy đo phải được mắc nối tiếp trong mạch điện cần đo (**Hình 1**).

Thiết bị đo điện áp (Volt kế): đo sự chênh lệch về điện tích giữa 2 vị trí. Máy đo vì vậy được mắc song song với dụng cụ tiêu thụ hoặc nguồn điện cần đo.

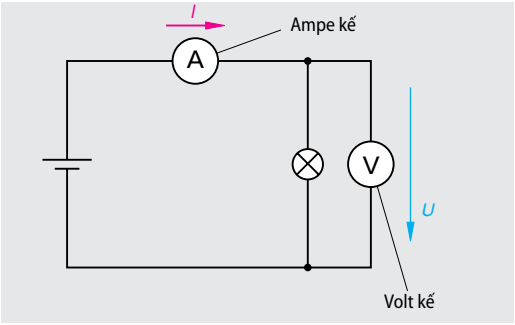
Ampe kế được mắc nối tiếp với thiết bị tiêu thụ, **Volt kế** được mắc song song với tải cũng như nguồn điện.

Bảng 1: Cường độ dòng điện cho những thiết bị khác nhau

Thiết bị tiêu thụ	Cường độ dòng điện
Thước cặp điện tử	0,1 A
Đèn điện	0,5 A
Động cơ 10 kW, 400 V	18 A
Biến thế máy hàn	300 A
Lò hồ quang	150 000 A

Bảng 2: Tác dụng của dòng điện

Hiện tượng vật lý	Ứng dụng
Tác dụng nhiệt	
Dòng điện qua dây dẫn làm cho dây dẫn nóng lên.	Lò tôi cảm ứng Mỏ hàn
Tác dụng từ	
Từ trường hình thành xung quanh một dây dẫn có dòng điện chạy qua.	Động cơ điện, Rơ le, mâm kẹp từ
Tác dụng quang học	
Dòng điện chạy qua dây dẫn làm cho dây nóng lên và phát sáng.	Đèn dây tóc (nóng sáng) đèn Halogen (Đèn cao áp thủy ngân)
Khí có thể được kích thích bởi dòng điện để phát sáng.	Đèn huỳnh quang, đèn tiết kiệm năng lượng
Những bán dẫn nhất định khi có dòng điện chạy qua sẽ phát sáng.	Đèn điot (LED)
Tác dụng hóa học	
Dòng điện có tác dụng phân ly những chất lỏng dẫn điện, được gọi là chất điện phân.	Điện phân nhôm, kỹ thuật mạ điện
Tác dụng sinh học	
Dòng điện tác động đến sinh vật. Nó có thể làm chết người!	Máy điều hòa nhịp tim, hàng rào điện, làm tê liệt hô hấp.



Hình 1: Đo điện áp và dòng điện

8.1.3 Điện trở

■ Định luật Ohm

Khi một thiết bị tiêu thụ điện được nối với một nguồn điện, sẽ xuất hiện dòng điện chạy qua thiết bị. Cường độ dòng điện phụ thuộc vào điện trở của thiết bị. Trong trường hợp điện áp U không đổi: điện trở R càng nhỏ thì dòng điện I càng lớn, điện trở R càng lớn thì dòng điện I chạy qua càng nhỏ (**Hình 1**). Sự liên quan giữa các đại lượng điện áp, dòng điện và điện trở được mô tả bằng **định luật Ohm** (**Hình 2**).

Định luật Ohm $I = \frac{U}{R}$

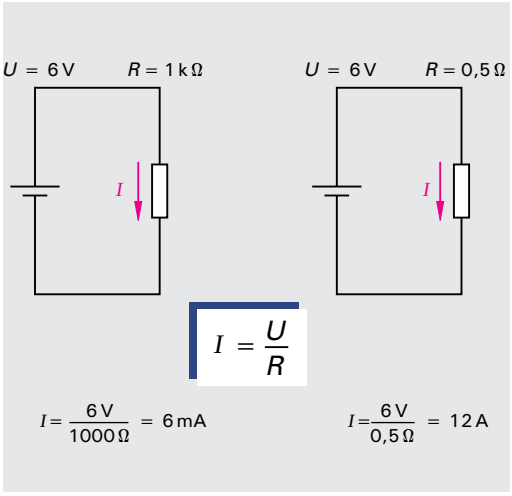
Định luật Ohm đưa ra mối liên quan giữa dòng điện I, điện áp U và điện trở R.

Đơn vị của điện trở: Ohm (Ω), theo tên nhà vật lý học người Đức Georg Simon Ohm (1787-1854).

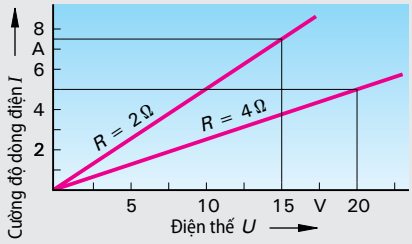
Điện trở được đo bằng đơn vị Ohm (Ω).

Thí dụ: Nam châm dẫn động của một van điều khiển có điện trở 48 Ω. Dòng điện phải có độ lớn bao nhiêu, nếu người ta đặt vào một điện thế 24 V?

Lời giải: $I = \frac{U}{R} = \frac{24\,V}{48\,\Omega} = 0{,}5\,A$



Hình 1: Mạch điện mắc với điện trở nhỏ và lớn



Hình 2: Định luật Ohm (diễn tả bằng đồ thị)

■ Điện trở riêng (Điện trở suất)

Điện trở riêng ϱ của một vật liệu cho ta thấy khả năng dẫn điện của vật liệu đó. Điện trở riêng được đo bằng điện trở của 1 m dây dẫn với tiết diện là 1 mm^2 (**Bảng 1**).

Bảng 1: Điện trở riêng ϱ

Vật liệu	Điện trở riêng $\frac{\Omega . mm^2}{m}$
Nhôm	0,0265
Đồng	0,0179
Bạc	0,0149
Wolfram	0,0550

■ Điện trở của dây dẫn

Dây dẫn được mắc trong mạch điện cũng có điện trở của chính nó. Trong hầu hết trường hợp thì điện trở này so với điện trở của thiết bị là khá nhỏ và có thể bỏ qua được. Trong trường hợp dây dẫn rất dài hoặc dòng điện lớn thì điện trở của dây dẫn sẽ ảnh hưởng đáng kể tới hoạt động của toàn bộ mạch điện.

Điện trở dây dẫn phụ thuộc vào:

- điện trở riêng ϱ của vật liệu chế tạo dây,
- độ dài l của dây,
- tiết diện A của dây

Điện trở của dây dẫn $R_1 = \frac{\varrho . l}{A}$

Thí dụ: Độ lớn của điện trở riêng một dây dẫn hình ống dài 50m bằng đồng với tiết diện 1,5 mm^2 là bao nhiêu?

Lời giải: $l = 2 . 50\,m = 100\,m$ cả dây đi và về:

$$R_1 = \frac{\varrho . l}{A} = \frac{0{,}0179\ \frac{\Omega . mm^2}{m} . 100m}{1{,}5\ mm^2} = 1{,}19\,\Omega$$

8.2 Mạch điện với điện trở

Mạch điện là sự kết nối nhiều linh kiện điện với nhau. Trong mạch điện, điện trở (tải) có thể được mắc nối tiếp hoặc song song với nhau. Nếu trong mạch điện có cả 2 cách mắc nối tiếp và song song, thì người ta gọi là mạch hỗn hợp.

8.2.1 Mạch nối tiếp của điện trở

Trong mạch nối tiếp của điện trở, tất cả tải được mắc nối tiếp với nhau (**Hình 1**). Thí dụ như các bóng đèn thắp sáng trên cây thông giáng sinh (được mắc nối tiếp với nhau).

■ Cường độ dòng điện

Khi mạch điện nối tiếp được nối với một điện áp U, sẽ xuất hiện một dòng điện I chạy trong mạch. Độ lớn của dòng điện sẽ được tính theo định luật Ohm, phụ thuộc vào tổng trở R của toàn mạch. Cường độ dòng điện ở mọi nơi là bằng nhau, vì dòng điện chạy qua từng điện trở là như nhau.

■ Tổng điện áp

Dòng điện I làm giảm điện thế tại từng điện trở, thí dụ tại điện trở $R1$ bị giảm điện áp $U_1 = I \cdot R_1$. Vì dòng điện ở tất cả mọi nơi là bằng nhau nên điện áp tại một điện trở lớn sẽ bị giảm nhiều hơn tại một điện trở nhỏ. Nếu tính tổng các điện thế thành phần U_1, U_2,... ta thu được kết quả là điện áp tổng cộng U ban đầu.

■ Điện trở tổng cộng

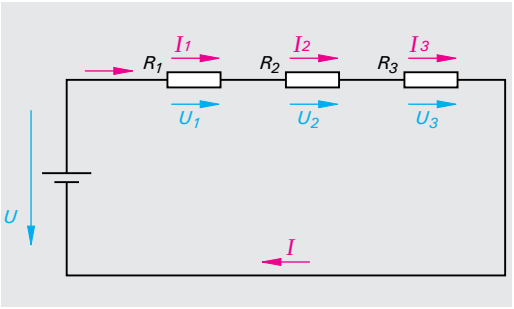
Điện trở riêng lẻ $R1$, $R2$,... trong mạch nối tiếp hợp lại thành điện trở tổng cộng R, hay còn gọi là điện trở thay thế. Điện trở thay thế này khi đặt vào điện thế U sẽ xuất hiện dòng điện I bằng với dòng điện I chạy trong mạch nối tiếp ở trên.

Thí dụ: 2 điện trở $R_1 = 30\ \Omega$ và $R_2 = 80\ \Omega$ được mắc nối tiếp với nhau và đặt dưới điện áp 230 V (**Hình 2**). Hãy tính cường độ dòng điện I và điện áp thành phần U_1 và U_2?

Lời giải: $R = R_1 + R_2 = 30\ \Omega + 80\ \Omega = 110\ \Omega$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230\ V}{110\ \Omega} = 2{,}091\ A$$

$$U_1 = I \cdot R_1 = 2{,}091\ A \cdot 30\ \Omega = 62{,}7\ V$$
$$U_2 = I \cdot R_2 = 2{,}091\ A \cdot 80\ \Omega = 167{,}3\ V$$
$$U = U_1 + U_2 = 62{,}7\ V + 167{,}3\ V = 230\ V$$



Hình 1: Mạch điện với điện trở được mắc nối tiếp

Dòng điện $I = I_1 = I_2 = I_3 = ...$

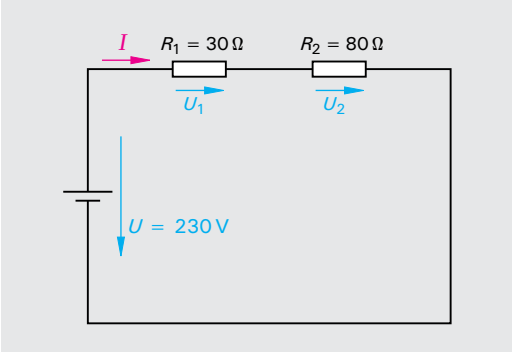
Dòng điện chạy qua mọi điểm trong mạch nối tiếp là bằng nhau.

Tổng điện áp $U = U_1 + U_2 + U_3 + ...$

Tổng các điện áp thành phần trong mạch nối tiếp bằng điện áp được đặt vào mạch.

Tổng trở $R = R_1 + R_2 + R_3 + ...$

Trong mạch nối tiếp "điện trở tổng cộng" bằng tổng số tất cả các điện trở riêng lẻ.



Hình 2: Mạch điện với 2 điện trở mắc nối tiếp

8.2.2 Mạch song song của điện trở

Với mạch song song thì tất cả các điểm dòng điện đi vào và tất cả các điểm dòng điện đi ra của tất cả tải đều được nối với nhau. Vì vậy mà tại tất cả điện trở, điện áp đều bằng nhau (**Hình 1**).

■ Dòng điện tổng

Qua mỗi điện trở sẽ có một phần dòng điện tổng chạy qua. Dòng điện thành phần I_1, I_2 ... được tính theo định luật Ohm, thí dụ $I_1 = U/R_1$. Tại điện trở nhỏ nhất thì dòng điện chạy qua lớn nhất. Dòng điện tổng I được tính bằng tổng của tất cả các dòng điện thành phần.

■ Điện trở tổng cộng (Tổng trở)

Để tính điện trở tổng R của mạch ta biến đổi công thức $I = I_1 + I_2 + I_3 + ...$ bằng cách tính dòng điện theo định luật Ohm

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} + \ ...; \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + ...$$

Nghịch đảo giá trị trên cho ta điện trở tổng:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ ...}$$

Thí dụ: Hai van điện từ mắc song song Y1 và Y2 có điện trở $R_1 = 48\ \Omega$ và $R_2 = 72\ \Omega$ được mắc cùng lúc vào điện thế $U = 24$ V.

Tính độ lớn

a) Phần dòng điện I_1 và I_2,

b) Dòng điện tổng I,

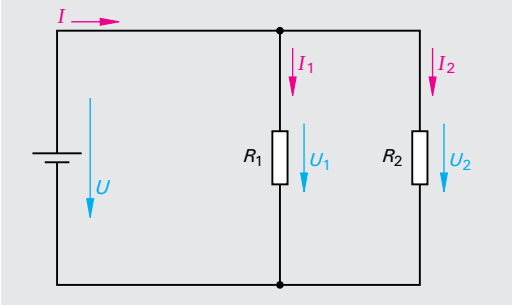
c) Điện trở tổng R?

Lời giải: a) $I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{24\ \text{V}}{48\ \Omega} = 0{,}50\ \text{A}$

$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{24\ \text{V}}{72\ \Omega} = 0{,}33\ \text{A}$

b) $I = I_1 + I_2 = 0{,}50\ \text{A} + 0{,}33\ \text{A} = 0{,}83\ \text{A}$

c) $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{48\ \Omega \cdot 72\ \Omega}{48\ \Omega + 72\ \Omega} = 28{,}8\ \Omega$



Hình 1: Mạch điện trở được mắc song song

Điện áp $U = U_1 = U_2 = U_3 = ...$

Trong mạch điện với điện trở được mắc song song thì điện áp tại mỗi điện trở đều bằng nhau.

Dòng điện tổng $I = I_1 + I_2 + I_3 + ...$

Dòng điện tổng bằng tổng các dòng điện thành phần.

Tổng trở $R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + ...}$

Nếu mạch gồm 2 điện trở: $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

Trong mạch với điện trở mắc song song thì tổng trở sẽ nhỏ hơn điện trở nhỏ nhất.

Ôn tập và đào sâu

1. Nguồn điện nào được sử dụng cho việc truyền động của máy CNC? Nguồn nào được dùng cho vùng đệm bộ nhớ dữ liệu?
2. Dòng điện có những tác dụng nào? Hãy nêu một vài thí dụ cho mỗi tác dụng.
3. Máy đo phải được mắc như thế nào trong các trường hợp đo cường độ dòng điện hay đo điện áp?
4. Hãy giải thích thông tin sau: Điện trở riêng của đồng có giá trị 0,0179 $\Omega.mm^2/m$?
5. Sẽ xảy ra tác dụng gì khi dây dẫn tới của một dụng cụ tiêu thụ bị đứt?
   a. trong mạch mắc nối tiếp,
   b. trong mạch mắc song song?
6. Tại sao trong các hãng xưởng và hộ gia đình thì tất cả máy móc mắc song song là có lợi nhất?
7. Hai điện trở mắc song song $R_1 = 60\ \Omega$ và $R_2 = 90\ \Omega$ cần được thay thế bằng một điện trở R riêng lẻ. Điện trở thay thế này phải có độ lớn bằng bao nhiêu?

8.3 Các loại dòng điện

Tùy vào sự biến thiên theo thời gian của chiều dòng điện và cường độ dòng điện, ta chia dòng điện thành dòng điện một chiều và dòng điện xoay chiều (**Hình 1**). Một dạng đặc biệt của dòng điện xoay chiều là dòng điện ba pha.

■ Dòng một chiều (DC [1])

Dòng điện một chiều chỉ chạy theo một hướng xác định, với cường độ không đổi (Hình 1, trái).

Thí dụ như pin cung cấp dòng điện một chiều.

Dòng một chiều với cường độ lớn được tạo ra bằng bộ chỉnh lưu từ dòng xoay chiều hoặc bằng máy phát điện một chiều.

Ứng dụng của dòng điện một chiều:
- Máy đo độ dài (Trang 23)
- Động cơ điện một chiều (Trang 420)
- Kỹ thuật mạ (Trang 232)
- Hàn hồ quang (Trang 219).

■ Dòng xoay chiều (AC [2])

Với dòng điện xoay chiều thì chiều và cường độ dòng điện biến đổi theo thời gian (Hình 1, phải). Dòng biến đổi sẽ dao động giữa 2 giá trị đỉnh âm và dương. Số lần dao động trong 1 giây được gọi là tần số. Tần số được đo bằng Hertz (Hz), theo tên nhà vật lý người Đức Heinrich Hertz (1857-1894). Trong các mạng lưới điện ở châu Âu người ta sử dụng với tần số 50 Hertz.

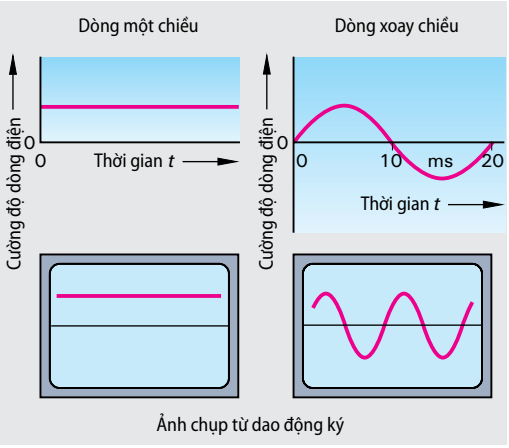
Ứng dụng của dòng điện xoay chiều:
- Lưới điện
- Động cơ cho máy công cụ (Trang 421)
- Kỹ thuật hàn (Trang 223)

■ Dòng 3 pha (xoay chiều)

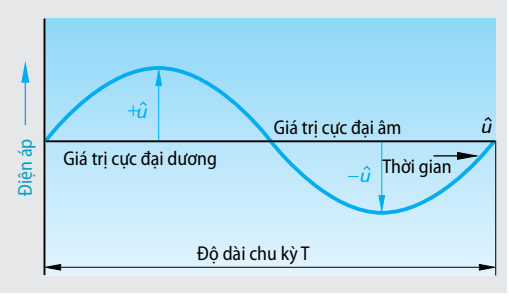
Các máy phát điện thông dụng phát từ mỗi cuộn dây của ba cuộn dây của nó dòng xoay chiều với tần số 50 Hz. Vì thế người ta có thể cung cấp cho 3 lưới điện riêng biệt. Ba đường dây này hợp thành dòng xoay chiều 3 pha.

Dây trở về chung cho cả 3 pha được gọi là dây trung tính N. Dây này sẽ được nối đất. Ba dây dẫn (dây pha) được ký hiệu là L_1, L_2 và L_3. Trong các lưới cung cấp điện thông thường thì điện thế giữa 1 dây pha và dây trung tính là 230 V, điện áp giữa 2 dây pha, thí dụ giữa L_1 và L_2, là 400 V.

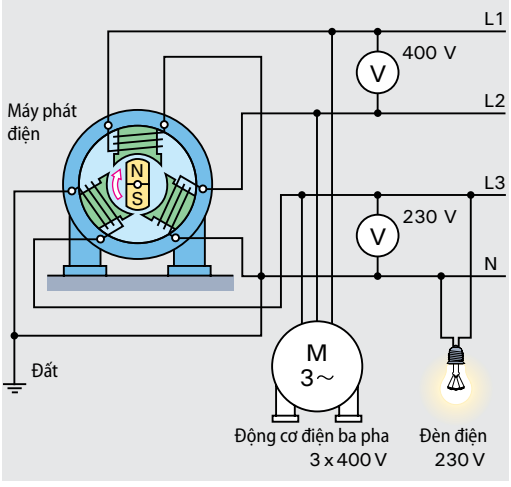
Ứng dụng của dòng điện ba pha:
- Động cơ truyền động công suất cao (Trang 418)
- Lò nung kim loại(Trang 253).



Hình 1: Diễn tiến cường độ dòng điện theo thời gian



Hình 2: Dòng điện xoay chiều (theo thời gian)



Hình 3: Máy phát điện xoay chiều 3 pha với lưới gồm 4 dây

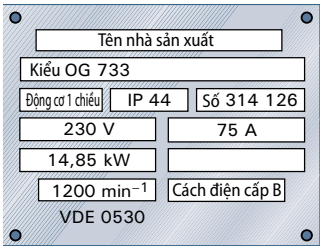
[1] DC direct current (tiếng Anh) = Dòng một chiều
[2] AC alternating current (tiếng Anh) = Dòng xoay chiều

8.4 Công suất và năng lượng điện

Các công ty năng lượng cung cấp năng lượng điện cho người sử dụng máy móc và thiết bị điện.

Năng lượng được lưới điện cung cấp trong 1 đơn vị thời gian được gọi công suất điện. Công suất được đo bằng Watt (W), Kilowatt (kW) hay Megawatt (MW).

Với các thiết bị điện trong xí nghiệp thì công suất được ghi trong biển công suất là công suất mà lưới điện cần cung cấp cho thiết bị này, còn với động cơ sẽ là công suất phát ra của động cơ.

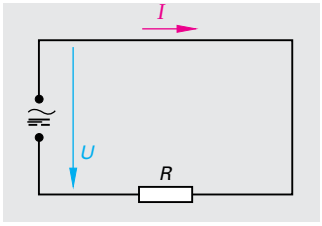


Hình 1: Biển công suất động cơ điện một chiều

■ Công suất của dòng điện một chiều và dòng điện xoay chiều hay ba pha không cảm ứng (tải không có L) (Hình 1 đến 3)

Đối với tải hoạt động với dòng điện một chiều, công suất P càng lớn, nếu điện thế U đặt vào mạch và dòng điện I càng lớn. Điều này cũng đúng với thiết bị tiêu thụ dòng điện xoay chiều, nếu thiết bị thuần trở, chỉ có điện trở ohm mà không có thành phần cảm ứng (cuộn cảm) hoặc thành phần dung kháng (tụ điện).

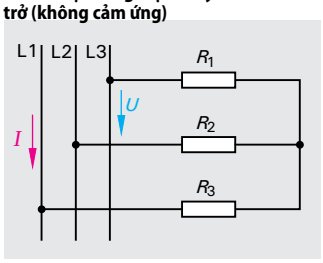
Công suất của dòng một chiều hoặc dòng xoay chiều thuần trở (không có cảm ứng) $P = U \cdot I$



Hình 2: Công suất của dòng điện một chiều hoặc dòng điện xoay chiều thuần trở (không cảm ứng)

Đối với dòng điện ba pha, sự biến thiên của dòng điện trong 3 dây dẫn sẽ lệch đối với nhau theo thời gian. Giá trị trung bình sẽ được tính với hệ số liên kết là $\sqrt{3}$.

Công suất điện đối với dòng ba pha thuần trở $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$



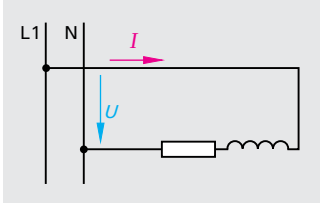
Hình 3: Công suất của dòng điện 3 pha thuần trở

■ Công suất của dòng xoay chiều và dòng ba pha có thành phần cảm ứng (L) và dung tính (C) (Hình 4 & 5)

Thiết bị tiêu thụ, ngoài điện trở ohm, còn bao gồm cả cuộn cảm và tụ điện. Những thành phần này làm lệch pha giữa dòng điện và điện áp. Sự lệch pha này thật sự làm giảm công suất thực của thiết bị (Công suất hiệu dụng, có ích). Sự giảm đi về công suất của dòng điện được thể hiện qua hệ số công suất cos φ.

Công suất hiệu dụng của dòng điện xoay chiều $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$

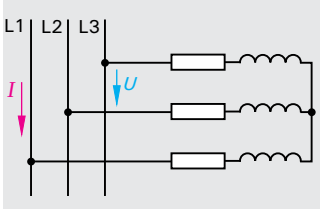
Công suất hiệu dụng của dòng điện 3 pha $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$



Hình 4: Công suất dòng xoay chiều với tải có thành phần cảm ứng

Thí dụ: Trên một động cơ 3 pha, nhà sản xuất đưa ra những thông số sau:
$U = 400$ V, $I = 26{,}6$ A, $\cos\varphi = 0{,}87$, $\eta = 93{,}5$ %
Hãy tính: a) Công suất đưa vào và b) Công suất tiêu thụ?

Lời giải: a) $P_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 400\ \text{V} \cdot 26{,}6\ \text{A} \cdot 0{,}87 = 16\,033$ W
b) $P_2 = P_1 \cdot \eta = 16\,033\ \text{W} \cdot 0{,}935 = 14\,990$W



Hình 5: Công suất dòng 3 pha với tải có thành phần cảm ứng

■ Công điện

Công suất P và thời gian hoạt động t của thiết bị càng lớn thì công điện cần cung cấp càng lớn.

Đơn vị của công điện: 1 W · s = 1 J và 1 kW · h = $3{,}6 \cdot 10^6$ W (1 kilo Watt - giờ). Công điện được đo bằng bộ đếm với đơn vị kW · h.

Công điện $W = P \cdot t$

8.5 Thiết bị bảo vệ khi quá dòng

Để bảo vệ thiết bị và công suất không bị quá tải do dòng điện quá lớn, người ta phải sử dụng thiết bị bảo vệ (cầu chì). Cầu chì là thiết bị tự động ngắt mạch điện, khi dòng điện cao quá mức cho phép.

> Cầu chì bảo vệ dây dẫn và thiết bị tránh khỏi sự quá tải và ngắn mạch.

Người ta phân biệt: cầu chì nóng chảy, cầu chì tự động và thiết bị bảo vệ.

■ Cầu chì nóng chảy

Bên trong cầu chì gồm có một dây dẫn nóng chảy là một dây mảnh hoặc băng mỏng. Dây dẫn sẽ nóng chảy khi có dòng điện với cường độ quá cao chạy qua và do vậy dòng điện trong mạch được ngắt đi. Nhờ vậy đường dây và những thiết bị trong mạch được bảo vệ tránh khỏi cháy, nổ hoặc hư hại.

Cầu chì vít (**cầu chì vặn**)**:** tiếp điểm cuối của phần nóng chảy sẽ có nhiều đường kính khác nhau (**Hình 1**). Vì vậy mà bộ phận nóng chảy dành cho dòng điện cường độ lớn không thể sử dụng với dòng điện nhỏ.

Cầu chì bảo vệ thiết bị (Cầu chì nhạy) có nhiệm vụ bảo vệ cho các thiết bị dùng trong kỹ thuật đo lường và điện tử. Tùy theo cơ chế ngắt, người ta chia ra thành các loại: cầu chì rất nhanh (FF), nhanh (F), từ từ (M), chậm (T) và rất chậm (TT).

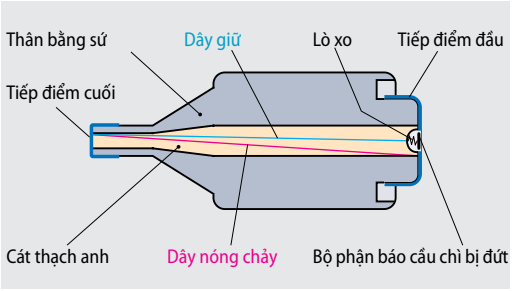
> Cầu chì không được phép sửa chữa hoặc mắc bắc cầu.

> Trong lúc thay thế cầu chì tuyệt đối phải sử dụng cầu chì có thông số phù hợp với thông số của nhà sản xuất đã quy định.

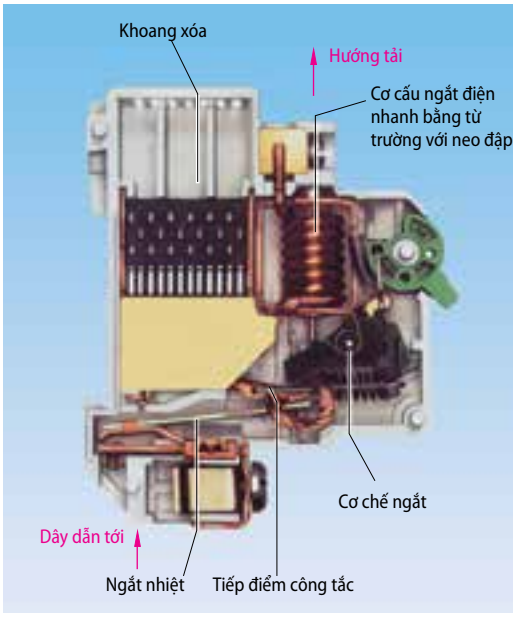
■ **Thiết bị ngắt bảo vệ đường dây** (**CB=Circuit breaker, Áp tô mát**) được chế tạo với kim loại lưỡng kim, khi có quá tải thì sẽ tác động chậm trễ, và với ngắt cảm ứng từ có tác dụng ngắt mạch ngay lập tức khi xuất hiện ngắn mạch (**Hình 2**).

■ **Thiết bị ngắt bảo vệ động cơ** là công tắc để bật và tắt động cơ (**Hình 3**). Ngoài ra thì nó còn có tính năng ngắt bằng nhiệt để bảo vệ cuộn dây trong động cơ không quá tải và tính năng ngắt điện từ đối với dòng điện có cường độ cao, ngắn (bảo vệ quá tải).

> Công tắc bảo vệ động cơ, sẽ bảo vệ động cơ khi quá tải hoặc ngắn mạch, nó phải được mắc vào điểm bắt đầu của dây nối động cơ.



Hình 1: Các bộ phận nóng chảy của một cầu chì vít



Hình 2: Công tắc bảo vệ dây điện (**Cầu chì tự động**)

Hình 3: Công tắc bảo vệ động cơ

8.6 Lỗi tại hệ thống điện và biện pháp bảo vệ

Tai nạn gây ra do dòng điện vì thiếu sót về mặt kỹ thuật của thiết bị và hệ thống, nhất là do sự bất cẩn.

■ Ảnh hưởng của dòng điện bên trong cơ thể con người

Khi dòng điện chạy qua người, thí dụ do tiếp xúc với dây dẫn có điện với cường độ nhất định sẽ gây ra tê liệt hệ cơ hô hấp. Hậu quả của việc này là không cử động được, chuột rút, rối loạn thăng bằng, tim ngừng đập, không thở được.

> Dòng điện trên 50 mA và điện thế trên 50 V sẽ gây nguy hiểm chết người.

Khi làm việc với những thiết bị điện hoặc khi xảy ra tai nạn bởi dòng điện, **năm nguyên tắc an toàn cơ bản** sau đây phải được chú ý, và phải tuân theo thứ tự của nó (**Bảng 1**).

Bảng 1: Nguyên tắc an toàn khi làm việc với máy và thiết bị có điện thế

1. Ngắt	Ngắt tất cả dây dẫn không (chưa) được nối đất, tắt hệ thống bảo vệ tự động, mang biển cấm tới.
2. Phòng chống máy có điện lại	Tháo và cất giữ cầu chì, khóa công tắc (sử dụng khóa móc), mang theo các cầu chì.
3. Xác định lại không có điện áp	Kiểm tra điện thế và thiết bị phù hợp với chuyên gia điện.
4. Nối đất và ngắn mạch	Những bộ phận sẽ làm việc, cần được nối đất trước tiên, sau đó mới mắc ngắn mạch.
5. Những bộ phận gần có điện thế cần được che đậy	Cần lưu ý và tránh: khi làm việc với dụng cụ hay các công cụ trợ giúp có thể va chạm chúng với vật dẫn điện hoặc có điện thế, vì vậy cần phải sử dụng các công cụ bảo hộ, thí dụ như mũ bảo hộ và găng tay.

■ Lỗi tại hệ thống điện

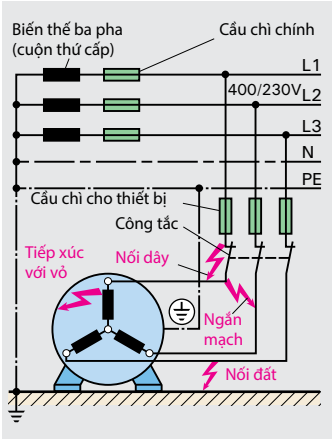
Những sai sót do cách điện có thể làm cho hệ thống điện bị ngắn mạch, nối đất, nối dây, tiếp xúc vỏ máy làm cơ thể con người chạm điện (**Hình 1**).

Ngắn mạch xảy ra khi 2 dây dẫn có điện không được cách điện và tiếp xúc với nhau. Thiết bị bảo vệ được mắc phía trước sẽ tự động ngắt dòng điện ngắn mạch phát sinh.

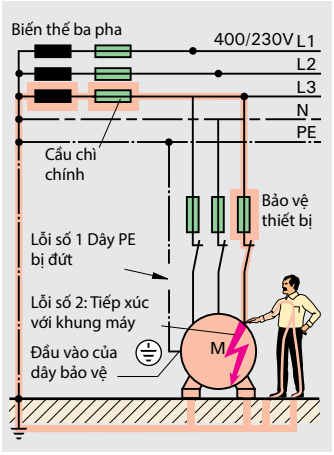
Nối đất xảy ra khi một dây dẫn có điện nối mạch trực tiếp với đất hoặc những bộ phận được nối đất. Ở đây thiết bị bảo vệ cũng sẽ tự ngắt dòng điện nối đất.

Nối dây xảy ra thí dụ trong trường hợp một công tắc bị rẽ mạch, làm cho thiết bị không thể ngắt điện được.

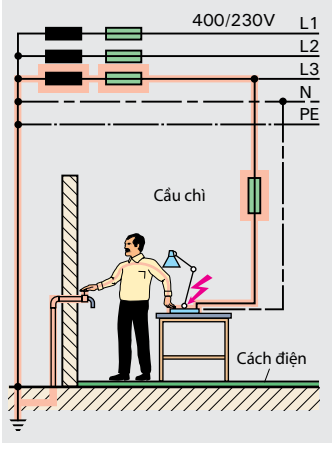
Sự tiếp xúc với thiết bị có vỏ máy bị chạm điện làm xuất hiện dòng điện chạy qua người xuống đất (**Hình 2**). Độ lớn của dòng điện này phụ thuộc vào điện trở của cơ thể con người và độ dẫn điện của dây tiếp đất. Trong trường hợp này nếu cơ thể con người có sự tiếp xúc đồng thời với một đường dẫn được nối đất tốt (nước, ống dẫn khí đốt, nước nóng hệ thống sưởi) thì dòng điện chạy qua cơ thể có thể gây nguy hiểm (**Hình 3**).



Hình 1: Ngắn mạch, nối đất, nối dây, tiếp xúc với vỏ máy



Hình 2: Điện áp tiếp xúc



Hình 3: Mạch điện bị lỗi

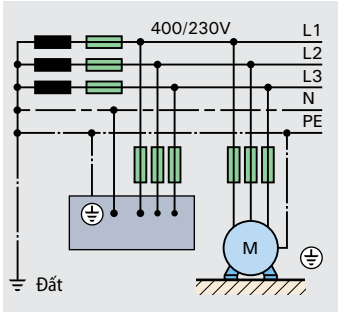
■ Các biện pháp bảo vệ

Điện áp thấp. Tại những chỗ nguy hiểm nơi mà con người tiếp xúc với những bộ phận dẫn điện, ta chỉ được phép sử dụng những điện áp thấp theo nguyên tắc an toàn, thí dụ điện thế cao nhất là 50 V cho các loại máy hàn điện trong nồi hơi và trong không gian hẹp, điện thế cho đồ chơi trẻ em chỉ được phép sử dụng cao nhất là 25 V.

> Tất cả hệ thống vận hành với điện thế xoay chiều trên 50 V cũng như điện một chiều trên 120V, cần phải tuân thủ các biện pháp bảo vệ đối với điện áp tiếp xúc cao.

Bảo vệ cách điện. Với biện pháp này, tất cả những bộ phận bằng kim loại, có nguy cơ dẫn điện khi bị hư hỏng, cần được cách điện. Biện pháp này được dùng đến thí dụ trong máy cạo râu dùng điện lưới hoặc trong máy khoan cá nhân. Với máy khoan có bảo vệ cách điện, trục máy khoan sẽ được cách điện bằng bánh răng nhựa trong phần truyền động của động cơ. Còn vỏ máy và công tắc của máy khoan còn phải được cách điện thêm nữa.

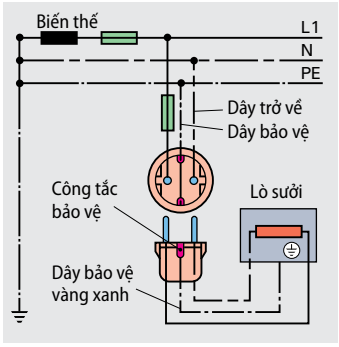
Biện pháp bảo vệ trong hệ thống TN (Mạng lưới tiếp địa). Ở các biện pháp bảo vệ trong hệ thống TN, điểm trung hòa của nguồn điện áp được nối đất trực tiếp (**T** là chữ viết tắt của terre = đất, tiếng Pháp; N = dây trung tính). Vỏ của thiết bị phải được mắc với dây bảo vệ PE (PE=Protective Earth,màu vàng xanh) nối với điểm trung hòa (**Hình 1**). Kết nối này cũng có thể thực hiện với dây > 6 mm^2 qua dây PEN (dây PE và dây N chung).



Hình 1: Bảo vệ trong hệ thống TN

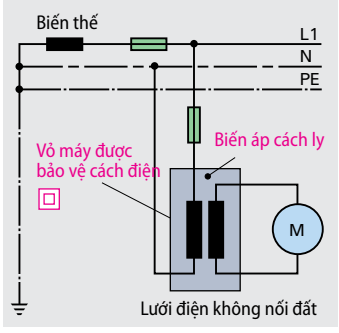
> Ở hệ thống TN chạm điện với cơ thể gây ra sự ngắn mạch; khi đó bảo vệ quá dòng phải được kích hoạt ngay lập tức.

Thiết bị di động phải được nối **với ổ cắm qua công tắc bảo vệ** (**Hình 2**). Dây mắc vào thiết bị gồm có 3 dây (dây nóng, nguội, bảo vệ).



Hình 2: Công tắc bảo vệ

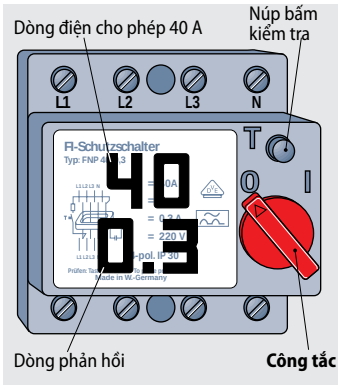
Bảo vệ bằng cách ly. Thông qua một biến áp cách ly, ta tạo ra một điện áp không nối đất (**Hình 3**). Biến áp này chỉ được phép mắc với **một dụng cụ tiêu thụ** với dòng điện định mức cao nhất là 16 A. Điều cần lưu ý quan trọng là mạch điện này không được nối đất. Nếu vỏ thiết bị này có chạm điện, cũng không nguy hiểm cho con người, vì mạch điện chạy qua cơ thể người vẫn chưa được tạo thành. Chỉ khi nào lỗi thứ hai xuất hiện thì mới gây ra nguy hiểm.



Hình 3: Bảo vệ cách ly

Bảo vệ bằng cách ly được sử dụng thí dụ cho các máy rung đầm bê tông, máy mài ướt hay là ổ cắm cho máy cạo râu trong phòng tắm.

Công tắc bảo vệ. Đảm bảo an toàn rất tốt. Sử dụng **công tắc bảo vệ chống rò điện** (Công tắc FI) theo quy định của các hãng cung cấp năng lượng, các lưới điện cũng như thiết bị riêng rẽ có thể được theo dõi và tắt ngay khi có sự cố (**Hình 4**).



Hình 4: Bộ ngắt bảo vệ

Dòng điện chạy qua dây dẫn tới thường có độ lớn bằng với dòng điện chạy qua dây dẫn về. Khi xảy ra nối điện với vỏ máy thì một phần của dòng quay lại chạy xuống đất. Công tắc bảo vệ sẽ ngắt mạch trong 0,2 giây. Với nút bấm kiểm tra ta có thể thử dòng điện khi có sự cố; nếu nút bấm kiểm tra được tác động, thì công tắc phải ngắt mạch.

■ Loại bảo vệ cho các trang thiết bị hoạt động bằng điện

Tùy theo nơi lắp đặt và vận hành, thiết bị và các máy móc cần phải được bảo vệ trước những trường hợp tiếp xúc ngẫu nhiên, các vật lạ hoặc nước. Các loại biện pháp bảo vệ được quy ước bằng kí hiệu, gồm có kí hiệu **IP** (Internationale **P**rotection = Bảo vệ quốc tế) và hai chỉ số ghi chú cấp độ bảo vệ (**Bảng 1**). Nếu hai bộ phận của thiết bị yêu cầu các quy định bảo vệ khác nhau, thì cả hai quy định này đều cần phải được ghi rõ, thí dụ: động cơ IP 21, ngăn đầu cốt (hộp nối dây) IP 54.

Bảng 1: Các loại bảo vệ quốc tế-IP cho thiết bị điện

Chỉ số 1	Tiếp xúc và bảo vệ trước vật lạ	Chỉ số 2	Chống nước
0	không yêu cầu bảo vệ cụ thể	0	Không yêu cầu bảo vệ cụ thể
1	chống vật rắn xâm nhập (⌀ > 50 mm)	1	Không nhỏ nước thẳng xuống
2	chống vật rắn xâm nhập (⌀ > 12 mm)	2	Không nhỏ nước thẳng xuống; thiết bị nghiêng được tối đa 15°
3	chống vật rắn xâm nhập (⌀ > 2,5 mm)	3	Không phun nước đến 60° đối với đường thẳng đứng
4	chống vật rắn xâm nhập (⌀ > 1 mm)	4	Không phun nước từ mọi hướng
5	Được bảo vệ chống bụi; Tuyệt đối không tiếp xúc	5	Không xịt nước từ mọi hướng
6	Chắn bụi; Tuyệt đối không tiếp xúc	6	Tránh tia nước, biển động
		7	Tránh ngâm nước trong những điều kiện áp suất và thời gian cụ thể
		8	Tránh ngâm nước lâu

Thí dụ: Động cơ với loại bảo vệ IP44 = chống vật rắn xâm nhập > 1 mm và không phun nước từ mọi hướng.

Các loại bảo vệ IP trong chiếu sáng, thiết bị hâm nóng hay giữ nóng, thiết bị vận hành bằng động cơ điện, dụng cụ điện và thiết bị điện cho y học cũng có thể được chú thích bằng hình vẽ (**Bảng 2**).

Bảng 2: Hình vẽ của các loại bảo vệ quốc tế IP

Hình vẽ	Loại bảo vệ	Loại IP	Hình vẽ	Loại bảo vệ	Loại IP
	Bảo vệ chống nhỏ nước	IP 31		Không thấm nước	IP 67
	Bảo vệ chống mưa	IP 33		Chịu được nước có áp suất	IP 68
	Bảo vệ chống phun nước	IP 54		Bảo vệ chống bụi	IP 5X (X = chỉ số còn thiếu)
	Bảo vệ chống tia nước	IP 55		Kín bụi	IP 6X

■ Cấp độ bảo vệ cho máy điện

Thiết bị điện còn được phân chia bằng các cấp độ bảo vệ (**Bảng 3**). Các cấp độ bảo vệ sẽ cho biết biện pháp bảo vệ, đối với tiếp xúc trực tiếp và gián tiếp với thiết bị. Người ta chia ra thành các cấp độ bảo vệ I, II và III. Cấp độ bảo vệ I bao gồm, thí dụ tất cả các thiết bị có vỏ bằng kim loại; bao gồm kẹp kết nối cho dây bảo vệ với kí hiệu tương ứng kèm theo.

Bảng 3: Các cấp độ bảo vệ cho thiết bị

Cấp độ bảo vệ	I	II	III
Ký hiệu			
Biện pháp bảo vệ	Dây bảo vệ	Cách điện bảo vệ	Bảo vệ cho điện thế thấp
Thí dụ	Động cơ điện	Chiếu sáng, Thiết bị gia dụng	Thiết bị nhỏ đến 50 V (AC)

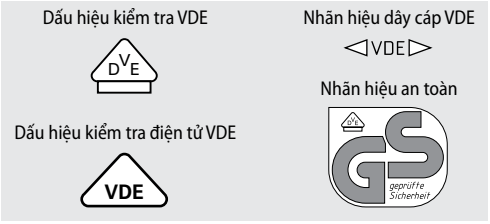
■ Hướng dẫn khi sử dụng thiết bị điện

Hầu hết các trường hợp tai nạn về điện với hậu quả chết người đều có nguyên nhân từ những nối điện bằng phích cắm và dây dẫn hư hỏng. Do đó cần tuân thủ những **chỉ dẫn** sau:

Những chỉ dẫn cần phải tuân thủ

- Lập tức ngưng sử dụng những dây dẫn, ổ và phích cắm và những máy móc thiết bị hỏng hóc.
- Mọi sự sắp đặt, sửa chữa, thay đổi của những thiết bị máy móc, nhà xưởng về điện chỉ được phép thực hiện bởi người có chuyên môn về điện.
- Ổ cắm công tắc bảo vệ (3 chấu) và loại ổ cắm có 2 chấu (thiếu chấu bảo vệ) sẽ không được phép sử dụng trong nhà xưởng.
- Cấm sử dụng loại phích cắm đôi và ba.
- Dây dẫn điện không được sửa, vá hoặc nối dài, thí dụ như khi dùng băng dính cách điện để quấn quanh 1 sợi dây điện hay xoắn dây điện với nhau.
- Không tiếp xúc với dây dẫn điện hở, hoặc dây được bọc như dây dẫn điện ngoài trời ngay cả gián tiếp dùng công cụ, thanh kim loại hoặc cần cẩu.

Thiết bị điện, phích nối và dây dẫn điện phải đáp ứng các **điều kiện an toàn của VDE** (Hiệp Hội Kỹ Sư Điện Đức) và phải có **dấu hiệu kiểm tra của VDE** (**Hình 1**).



Hình 1: Ký hiệu VDE

Phích và ổ cắm điện. Từ năm 1981, người ta đã thay thế loại phích cắm dẹt cho dòng điện 3 pha bằng loại chuẩn quốc tế phích cắm hình tròn theo chuẩn CEE (**CEE** = **C**ommission of the Rules for the Approval of the **E**lectrical **E**quipment=Ủy ban quốc tế cho quy định phê duyệt thiết bị điện). Sau đây là những ưu điểm chính.

- Phích cắm này chịu được dòng điện cao hơn.
- Loại phích cắm này có khả năng chống bị bắn nước và không bị thấm nước
- Phích cắm sẽ không cắm được vào ổ cắm có hiệu điện thế cao.

Để **chống nhầm lẫn**, người ta dựa vào cách bố trí của ống lót cho công tắc bảo vệ đến rãnh dẫn hướng (rãnh tránh nhầm lẫn), rãnh này không thay đổi theo hướng của ống lót. Nếu rãnh chỉ theo hướng xuống đất, thì vị trí của ổ công tắc bảo vệ được xác định theo chiều kim đồng hồ. Ổ cắm 5 chấu cho dòng điện 3 pha 400 V với bảo vệ ở *vị-trí-6-giờ* (**Bảng 1**).

Ngoài ra ổ cắm bảo vệ PE còn có đường kính lớn hơn so với ổ cắm cho các dây dẫn ngoài như L1, L2, L3 và dây trung hòa N.

Bảng 1: Mối nối cắm theo chuẩn CEE

Số cực	Vị trí chấu bảo vệ trên mặt đồng hồ, tùy loại dòng điện				
	110...130 V ~ 50 và 60 Hz	220...250 V ~ 50 và 60 Hz	380...415 V ~ 50 và 60 Hz	...380 V ~ 50 và 60 Hz Sau máy biến áp cách ly	50...250 V ⎓ Điện một chiều
3	4h	6h	9h	12h	3h
4	4h	9h	6h	12h	—
5	4h	9h	6h	—	—
Màu	vàng	xanh dương	đỏ	xám	xanh dương

Ôn tập và đào sâu

1. Tai nạn do điện có thể xảy ra như thế nào?
2. Những tác dụng nào dòng điện có thể gây ra đối với cơ thể con người?
3. Hiện tượng nối tắt, nối đất, nối dây và nối qua cơ thể xảy ra như thế nào?
4. Trong trường hợp nối qua cơ thể thì việc bảo vệ cơ thể con người trong mạng phân phối điện TN (TN: Terre Neutre, tiếng Pháp, mạng phân bố điện hình sao với dây trung tính nối đất) được thực hiện thế nào?
5. Những biện pháp bảo vệ chống điện thế quá cao khi tiếp xúc cần phải được quy định cho những thiết bị nào?
6. Tại sao không được sửa, chắp vá dây dẫn điện?
7. Làm thế nào người ta nhận diện được những thiết bị điện theo tiêu chuẩn bảo vệ loại I?
8. Làm thế nào để chống nhầm lẫn ở kết nối cắm?

Thông tin về việc dạy chú trọng vào lĩnh vực học tập

Mục đích của việc đào tạo chú trọng vào lĩnh vực học tập

- Các kiến thức thu nhận được trong giờ học cần được chuyển thành thực hành trong xí nghiệp.
- Việc kết hợp lý thuyết với thực hành được hỗ trợ qua cách tiến hành phương pháp "từ học tập đến hoạt động thực tiễn" cũng như "từ kiến thức đến hành động".
- Phát triển khả năng sử dụng tất cả các nguồn thông tin, thí dụ như sách chuyên ngành, sách cẩm nang tra cứu, catalogue (danh mục sản phẩm của nhà chế tạo) và các trang Web.
- Hỗ trợ khả năng để phân tích và giải quyết các vấn đề, hợp tác học tập trong giờ học nghiêng về thực hành cũng như tự tổ chức học.

Đặc điểm của việc học chú trọng vào lĩnh vực học tập

- Chương trình đào tạo hướng về lĩnh vực học tập không phân chia theo môn học, mà được xác định qua lĩnh vực hoạt động nghề nghiệp (lĩnh vực hành động). Trong khuôn khổ này, học viên sẽ được huấn luyện để hiểu biết những kiến thức kỹ thuật và năng lực giải quyết vấn đề.
- Lĩnh vực học tập mô tả những mục tiêu giảng dạy ở các lĩnh vực hoạt động của một nghề, thí dụ như sản xuất, lắp ráp, bảo trì và tự động hóa trong đào tạo nghề công nhân cơ khí công nghiệp.
- Các đề án hướng dẫn và tình hình học tập phù hợp dựa vào môi trường công nghiệp ở địa phương, khả năng của trường và khả năng tiếp thu của học viên.
- Việc phân chia giờ học phải đặc biệt ăn khớp giữa lớp học, phòng thí nghiệm và các phòng bộ môn thực hành cũng như sự hợp tác làm việc của giáo viên ở lớp.

Cấu trúc cơ bản của lĩnh vực học tập qua thí dụ của lĩnh vực học tập 3

Tên gọi **Năm đào tạo** **Thời gian quy định**	Chế tạo cụm lắp ráp đơn giản Năm đào tạo thứ nhất 80 giờ
Mục tiêu học (trích)	Học viên chuẩn bị trước cho việc sản xuất một cụm lắp ráp đơn giản. Học viên phân biệt phương pháp lắp ghép theo nguyên lý tác dụng và sắp xếp theo ứng dụng.
Nội dung học (trích)	Bản vẽ chi tiết, bản vẽ cụm và bản vẽ tổng thể (bản vẽ lắp ráp chung), danh sách chi tiết, mô tả lắp ráp, căn bản của kết cấu lực, kết cấu chắc (kết nối bằng hình dạng) và kết cấu bằng vật liệu, chi tiết tiêu chuẩn, phương pháp sản xuất, căn bản về quản lý chất lượng.
Lưu ý	Việc phân chia toàn bộ thời gian vào từng nội dung cũng như theo phòng học và phòng chuyên môn tùy theo quyết định của nhà trường

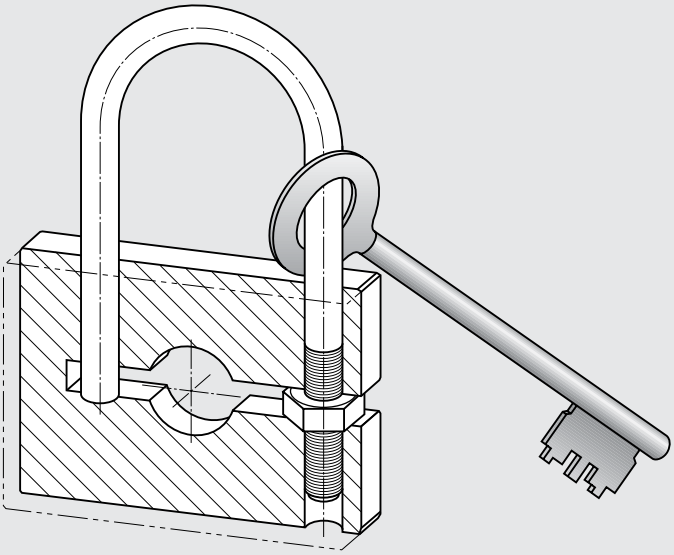
Các bước học tập trong việc phát triển một lĩnh vực học tập qua đề án hướng dẫn

Phân tích đề án đã chọn, ghi lại nhiệm vụ, phân loại nguồn thông tin
Kế hoạch. Tiến hành tính toán, chọn vật liệu, lên kế hoạch
Kiến thức chuyên môn. Truyền đạt qua giảng dạy, sách chuyên ngành, tài liệu của nhà sản xuất, phim...
Thực hiện. Chế tạo, lắp ráp, kiểm tra, tối ưu hóa, bảo dưỡng
Đánh giá. Giữ đúng tiến độ và kế hoạch chi phí, so sánh các giải pháp khác nhau
Tài liệu. Hình ảnh, bản vẽ tổng quát, danh sách chi tiết, các biên bản kiểm tra, mô tả chi tiết
Trình bày. Quảng cáo hay cung cấp nhiều thông tin, điều chỉnh cho phù hợp với nhóm tham khảo

Trong các trang tiếp theo từ 582 đến 589, 13 lĩnh vực học tập sẽ được giới thiệu qua từng đề án hướng dẫn đã lựa chọn và việc soạn thảo tỉ mỉ của nó được phác thảo dưới dạng ngắn gọn.

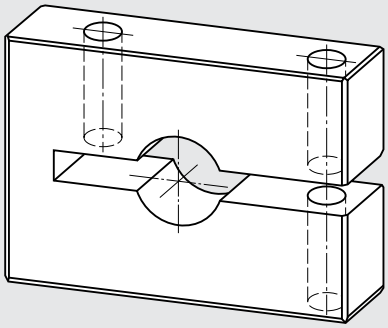
Lĩnh vực học tập 1: Sản xuất cấu kiện với dụng cụ cầm tay

Đề án hướng dẫn được chọn: Móc chìa khóa

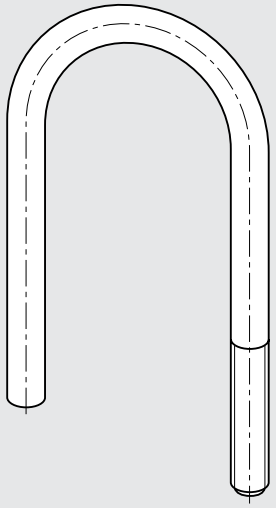


Bản vẽ tổng thể của móc chìa khóa

Đai ốc sáu cạnh



Khối thép



Vòng kẹp

Lĩnh vực học tập 1: Sản xuất cấu kiện với dụng cụ cầm tay

Đề án hướng dẫn được chọn: Móc chìa khóa

Mục đích và nội dung	Chỉ dẫn, phương tiện trợ giúp

Phân tích: Nhiệm vụ và chức năng cuả móc chìa khóa

• **Mô tả** chức năng và nhiệm vụ dựa trên bản vẽ cho trước (Trang 582) • **Cơ sở diễn đạt:** Yêu cầu về bản vẽ kỹ thuật; các loại hình chiếu • **Lên bản vẽ chi tiết**, có thể chỉ là bản vẽ tay; cho các kích thước cần thiết, dung sai đơn giản • **Chọn chi tiết tiêu chuẩn** cần thiết cho móc chìa khóa • Lên sơ bộ **danh sách chi tiết**	Kiểm tra xem các mô tả trên bản vẽ cung cấp đủ để hiểu chưa Thảo luận ưu khuyết điểm của phép chiếu dimetric, cũng như bản vẽ chi tiết 2 chiều (2D) thông thường Khả năng sử dụng một chương trình CAD đơn giản Vẽ kỹ thuật, sách có bảng tính (sách tra cứu bảng biểu/cẩm nang kỹ thuật), sách chuyên ngành

Tính toán: cơ bản

• Xác định sự **hiểu biết về toán hiện có** của học viên qua cách **xử lý với máy tính bỏ túi** và điều chỉnh thông qua các **bài tập**. • **Đại lượng và đơn vị**: chuyển đổi và ứng dụng • **Công thức** và **phương trình**: đổi vế công thức, giải phương trình. • **Tính toán**: bề dài, diện tích, thể tích và khối lượng của cấu kiện	Việc xử lý các phương tiện hỗ trợ như máy tính bỏ túi, sách chuyên ngành, sách sách tra cứu bảng biểu (cẩm nang kỹ thuật) cũng có thể được đưa lên trước lĩnh vực học tập thứ 1 trong một loạt giờ giảng dạy riêng. Sự tính toán luôn được hướng dẫn kèm trị số và đơn vị cụ thể. Sách tính toán kỹ thuật và sách tra cứu bảng biểu (cẩm nang kỹ thuật)

Vật liệu

• **Đại cương** về vật liệu • **Đặc tính của vật liệu** • **Ký hiệu** của thép; số (của) vật liệu • **Bán thành phẩm**: Ký hiệu ngắn • Tìm hiểu về các vật liệu thích hợp **khác**	Đi vào yếu tố chi phí Sách chuyên ngành và sách tra cứu bảng biểu (cẩm nang kỹ thuật)

Sản xuất

• Đại cương về các phương pháp sản xuất • Cưa, giũa, khoan[1)] và ren răng • Biến dạng qua bẻ (uốn) • Các bước gia công, dụng cụ, khả năng kẹp • Phương tiện đo lường và kiểm tra phù hợp • An toàn lao động	Trong năm đào tạo thứ nhất những phương pháp gia công mà sau này sẽ được lặp lại, chỉ dạy cơ bản. Sách chuyên ngành và sách tra cứu bảng biểu (cẩm nang kỹ thuật)

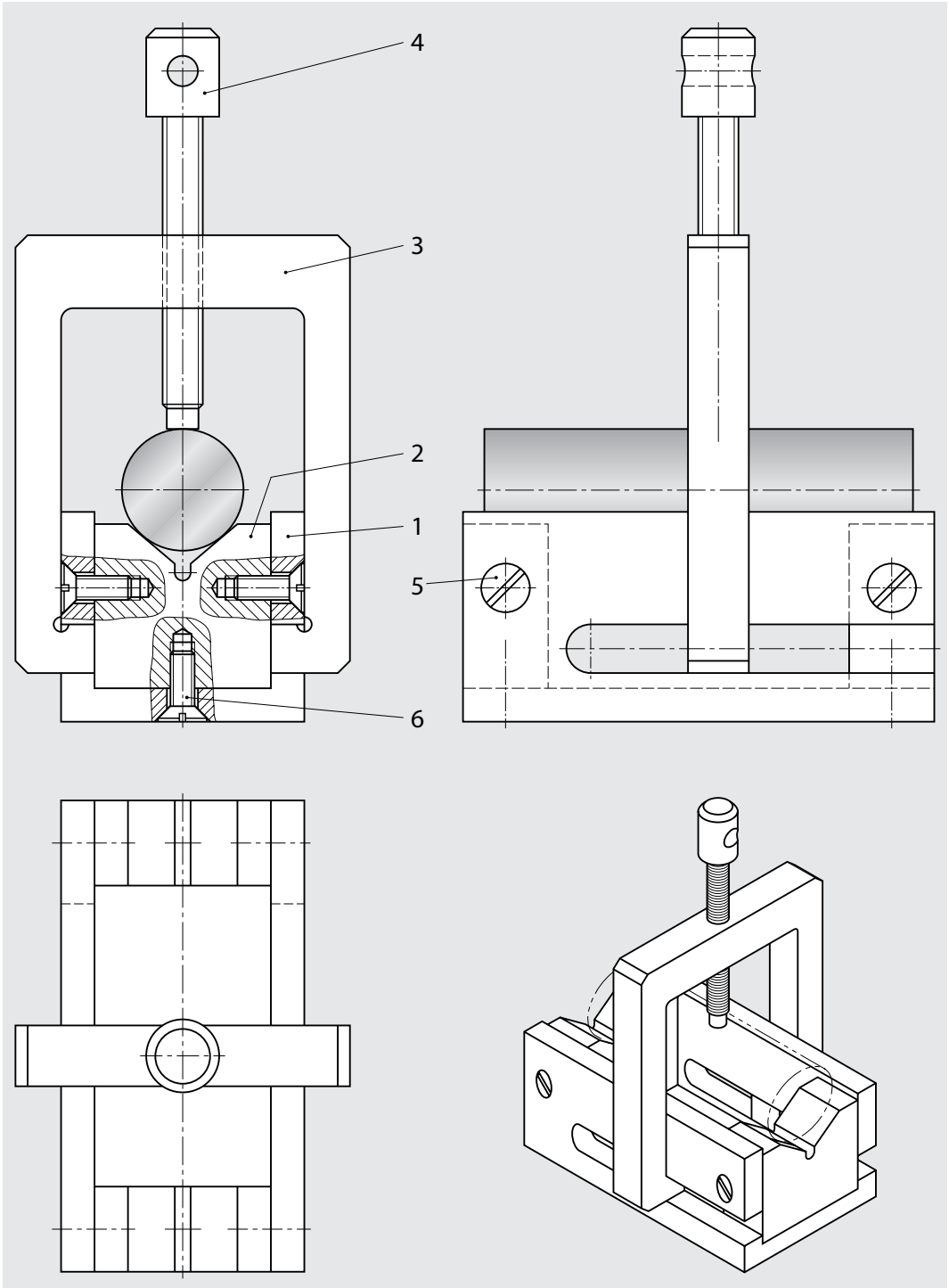
Kiểm tra, đánh giá, lập tài liệu, trình bày

Kiểm tra:	Kích thước chiều dài, cấu trúc bề mặt, độ phẳng, độ thẳng góc và chức năng
Đánh giá:	Tuân thủ kế hoạch thời gian, làm việc nhóm
Tài liệu:	Bản vẽ, các tính toán, kế hoạch làm việc
Trình bày:	Quy trình làm việc, kết quả làm việc, các khả năng cải tiến

[1)] Ở đây khoan được đưa vào qua cách sản xuất với dụng cụ cầm tay, để có thể làm cho môđun học tập thứ 1 hấp dẫn hơn.

Lĩnh vực học tập 2: Sản xuất cấu kiện với máy

Đề án hướng dẫn được chọn: Gá kẹp cho chi tiết dạng tròn



Lĩnh vực học tập 2: Chế tạo cấu kiện với máy

Đề án hướng dẫn được chọn: Gá kẹp cho chi tiết dạng tròn

Mục đích và nội dung	Chỉ dẫn, phương tiện trợ giúp

Phân tích: Nhiệm vụ và chức năng của gá kẹp

• **Mô tả** nhiệm vụ và chức năng dựa trên bản vẽ cho trước (trang 584) • **Xác định** dạng chi tiết nào sẽ được kẹp với gá kẹp • Lên **danh sách chi tiết** dưới dạng đơn giản • **Bản vẽ chi tiết** của các chi tiết gia công với tất cả dữ liệu cần thiết cho sản xuất. • Thay đổi **vòng kẹp** (vị trí 3) sao cho yêu cầu gia công bằng tay đường biên trong được giảm bớt.	Kiểm tra việc trình bày theo phép chiếu đẳng cự của thiết bị kẹp có những ưu điểm và nhược điểm nào. Vị trí, số lượng, tên Ký hiệu tiêu chuẩn và vật liệu Kích thước dung sai, ký hiệu bề mặt Cơ bản về dung sai lắp ghép

Tính toán

• **Lực kẹp** của vít kẹp và các độ lớn có ảnh hưởng của nó • **Sự liên quan** giữa đường kính, số vòng quay và tốc độ cắt ở gia công cắt gọt • **Tốc độ bước dẫn tiến** ở khoan và phay • **Tính sơ bộ** trọng lượng của gá kẹp hoàn chỉnh.	Nói về ưu điểm (thí dụ như tự hãm, được giữ lại nhờ ma sát) và khuyết điểm (thí dụ như hiệu suất thấp) của gá kẹp cơ. Phân biệt giữa truyền động điện vô cấp và truyền động có cấp cho số vòng quay và tốc độ bước dẫn tiến. Vật liệu tiêu hao tuyệt đối và tính theo phần trăm qua gia công cắt gọt.

Xác định về vật liệu thích hợp, xử lý nhiệt

• Xác định các **yêu cầu** về vật liệu • **Cân nhắc** việc xử lý nhiệt • **Đại cương** về phương pháp xử lý nhiệt • **Kích thước của vật liệu**: cố gắng sử dụng bán thành phẩm và sản phẩm tiêu chuẩn cũng như sản phẩm hiện có trong xí nghiệp.	Ký hiệu vật liệu đúng tiêu chuẩn, Bán thành phẩm, sản phẩm thép Khả năng kiểm tra độ cứng Kiểm tra xem việc sử dụng các thép tiết diện kéo nhẵn (kéo/cán láng) có thể tiết kiệm được phần nào trong gia công cắt gọt không.

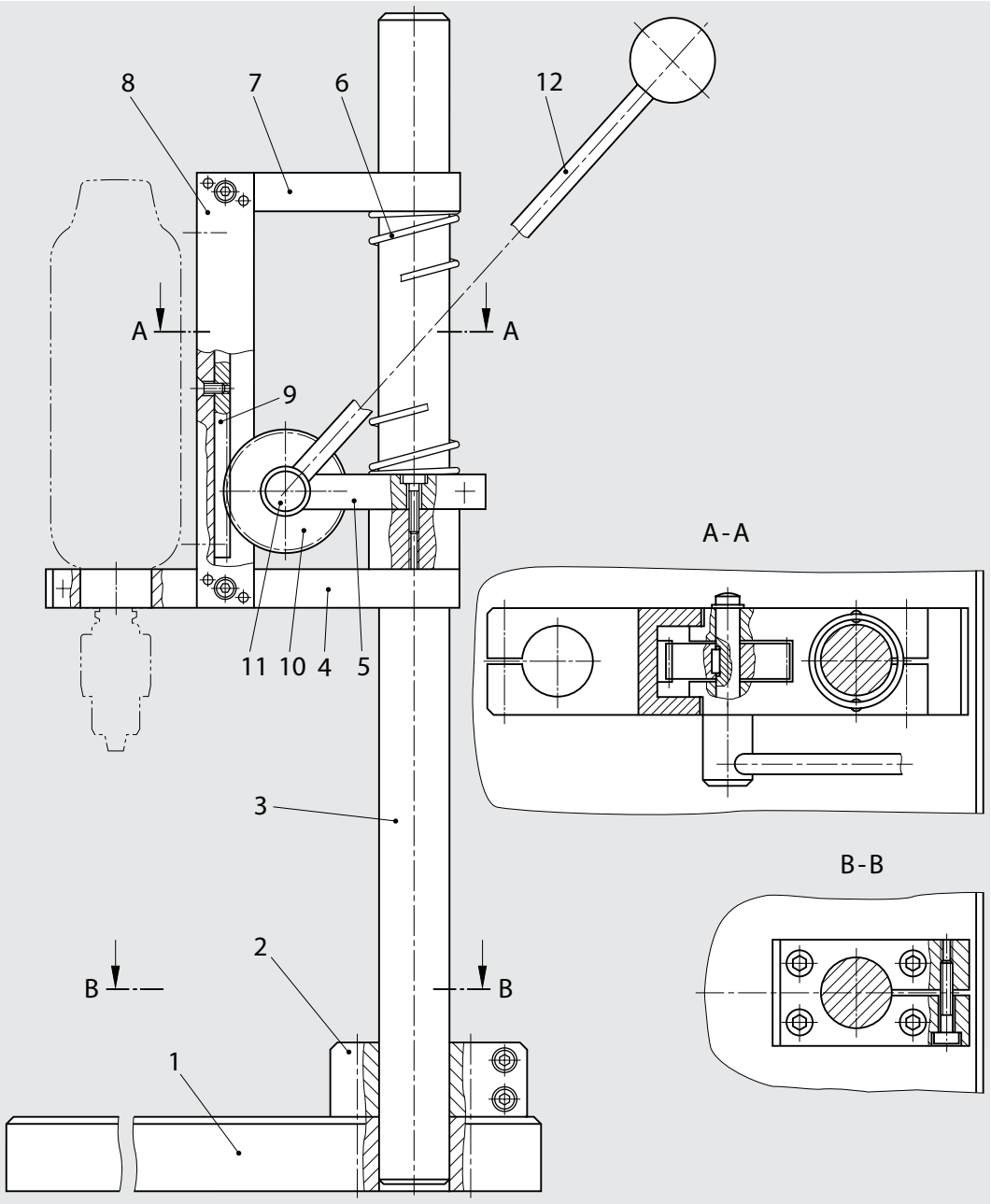
Sản xuất cũng như lên kế hoạch gia công

• **Lập kế hoạch gia công** • **Tiện và phay:** Khái niệm cơ bản • **Vật liệu cắt**: chủng loại, đặc điểm, ứng dụng • **Dữ liệu cắt**, dụng cụ, khả năng kẹp • **Bôi trơn làm nguội:** mục đích, quy tắc làm việc • Xác định **phương tiện đo lường và phương tiện kiểm tra** • Chú ý đến **an toàn lao động và bảo vệ môi trường**	Phân loại các phương pháp Cấu tạo của máy Quá trình cắt gọt: Chỉ khái niệm cơ bản, việc đào sâu sẽ tiếp tục ở các môđun tới. Kế hoạch kiểm tra đơn giản

Kiểm tra, đánh giá, lập tài liệu, trình bày

Lĩnh vực học tập 3: Chế tạo cụm lắp ráp đơn giản

Đề án hướng dẫn được chọn: Trụ máy khoan cho máy khoan tay



Danh sách chi tiết (không có các chi tiết tiêu chuẩn)							
Vị trí	Tên	Vị trí	Tên	Vị trí	Tên	Vị trí	Tên
1	Tấm đế	4	Bợ giữ máy khoan	7	Tấm dẫn hướng	10	Bánh răng
2	Kẹp chặt cột	5	Giá giữ bánh răng	8	Tấm kết nối	11	Trục
3	Cột (trục máy)	6	Lò xo nén	9	Thanh răng	12	Cần gạt tay

Lĩnh vực học tập 3: Chế tạo cụm lắp ráp đơn giản

Đề án hướng dẫn được chọn: Trụ máy khoan cho máy khoan tay

Mục tiêu và nội dung	Chỉ dẫn, phương tiện trợ giúp

Phân tích: Chức năng của trụ máy khoan

• **Nhận xét trước:** Trụ máy khoan trình bày ở trang trước do học viên đã đào tạo năm thứ nhất triển khai. • **Nắm bắt** công việc sản xuất và chức năng của trụ máy khoan theo bản vẽ lắp chung (tổng quát). • Định nghĩa và thảo luận **các yêu cầu** cho trụ máy khoan liệu có đáp ứng với thiết kế dự tính hay không. • So sánh **trụ máy khoan được thiết kế** với máy sẵn có đã mua theo tiêu chí giá cả và khả năng vận hành. • Thiết kế **các bản vẽ chi tiết** cho những cấu kiện cần sản xuất theo cách làm việc nhóm.	Máy khoan nên được sản xuất hằng loạt với số lượng lớn hơn và bán cho nhân viên xí nghiệp. Trên một bản vẽ được sao lại, đánh dấu bằng màu tất cả chi tiết liên quan đến việc di chuyển xuống dưới của ụ khoan (đầu khoan) trượt. Nhận xét các điểm yếu của thiết kế này và đề xuất cải tiến. Tên gọi của chi tiết quan trọng nhất (cả bằng tiếng Anh). Soạn thảo bản hướng dẫn vận hành.

Tính toán

• **Chuyển động thẳng và chuyển động quay** • **Góc quay** của cánh tay đòn cho một hành trình nhất định cũng như đoạn dẫn tiến • Trình bày trong một biểu đồ **sự liên quan** giữa góc quay và hành trình • Xác định **lực bước tiến** nhờ luật đòn bẩy • Xác định **lực tải trước cần thiết** của lò xo nén và quy định kích thước của lò xo nén bằng cách sử dụng bảng tính. • Trình bày bằng đồ thị **đường đặc trưng** của lò xo.	Trình bày đồ thị: Giới thiệu, thiết lập và cách đọc. Thay thế những tính toán khó (thí dụ như của một lò xo nén) qua việc đọc từ bảng.

Xác định vật liệu thích hợp

• Xác định vật liệu theo những **yêu cầu** của chi tiết. • **So sánh** vật liệu đã chọn với vật liệu của trụ máy khoan đã mua. • **Kiểm tra** các đặc tính quan trọng và trị số đặc trưng của vật liệu trong phòng thí nghiệm.	Khái quát về thép, vật liệu gang đúc và chất dẻo. Thảo luận về việc chọn lựa vật liệu của trụ máy khoan đã mua. Kiểm tra bằng mắt thường. Phương pháp thử đơn giản ở phân xưởng.

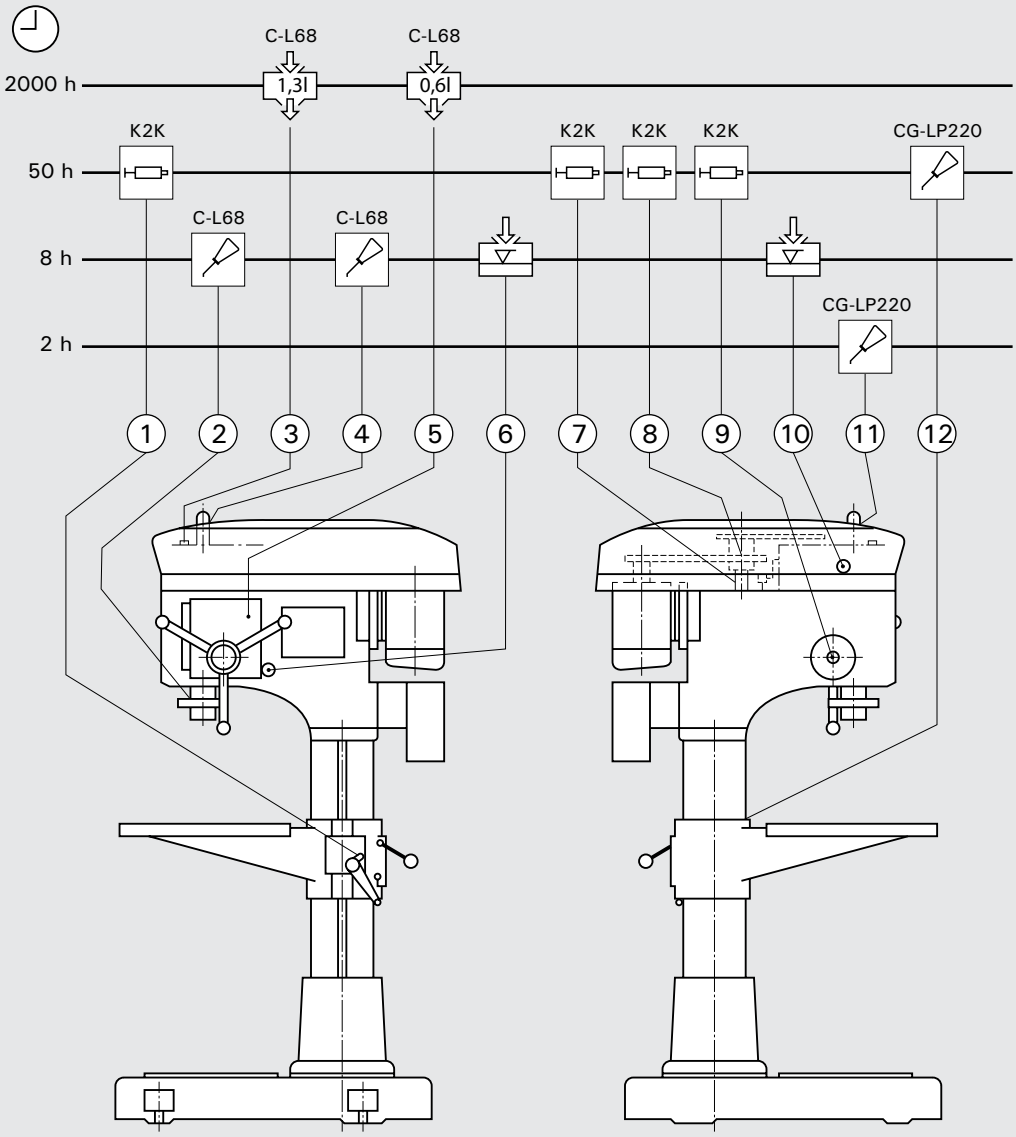
Kế hoạch, sản xuất, kiểm tra

• Lên **kế hoạch làm việc** • **Gia công chi tiết**: tiện, phay, khoan • **Kỹ thuật kết nối**: khái quát về kết nối cứng và kết nối tháo ra được, dạng kết nối chặt và kết nối lực. • Quy định các **kết nối ở trụ máy khoan** và xác định các chi tiết tiêu chuẩn thuộc về trụ máy. • **Lắp ráp chi tiết** và **kiểm tra chức năng**	Ở phòng thí nghiệm: xác định tải của vít; chú ý đến chiều sâu vặn vào vừa đủ nhưng không quá lớn. Kiểm tra khả năng hàn, để giảm số lượng của chi tiết và nâng cao độ bền vững của trụ. Kế hoạch lắp ráp cho lắp chung.

Lĩnh vực học tập 4: Bảo dưỡng hệ thống kỹ thuật

Đề án hướng dẫn được chọn: Bảo dưỡng một máy khoan đứng

Sơ đồ bảo dưỡng và bảo quản



Danh sách chi tiết (cơ phận)			Các ký hiệu cho vị trí bôi trơn	
1 Cơ cấu truyền động cho hành trình của bàn khoan	5 Vít châm nhớt Hộp số bước dẫn tiến	9 Trục bước dẫn tiến	C-L68 1,3l — CL68 Châm 1,3l nhớt bôi trơn CL 68	CG-LP220 — Châm với nhớt CG-LP220
2 Ống lồng (pinole)	6 Kính kiểm tra nhớt Hộp số truyền động bước tiến	10 Kính kiểm tra nhớt Hộp tốc độ *(Hộp số)*		
3 Nút châm nhớt	7 Điều chỉnh số vòng quay	11 Ống dẫn	Châm nhớt bôi trơn đến lằn vạch	K2K — Bôi trơn với mỡ K2K
4 Trục then hoa chính	8 Cơ cấu truyền động vô cấp	12 Trụ máy (cột)		

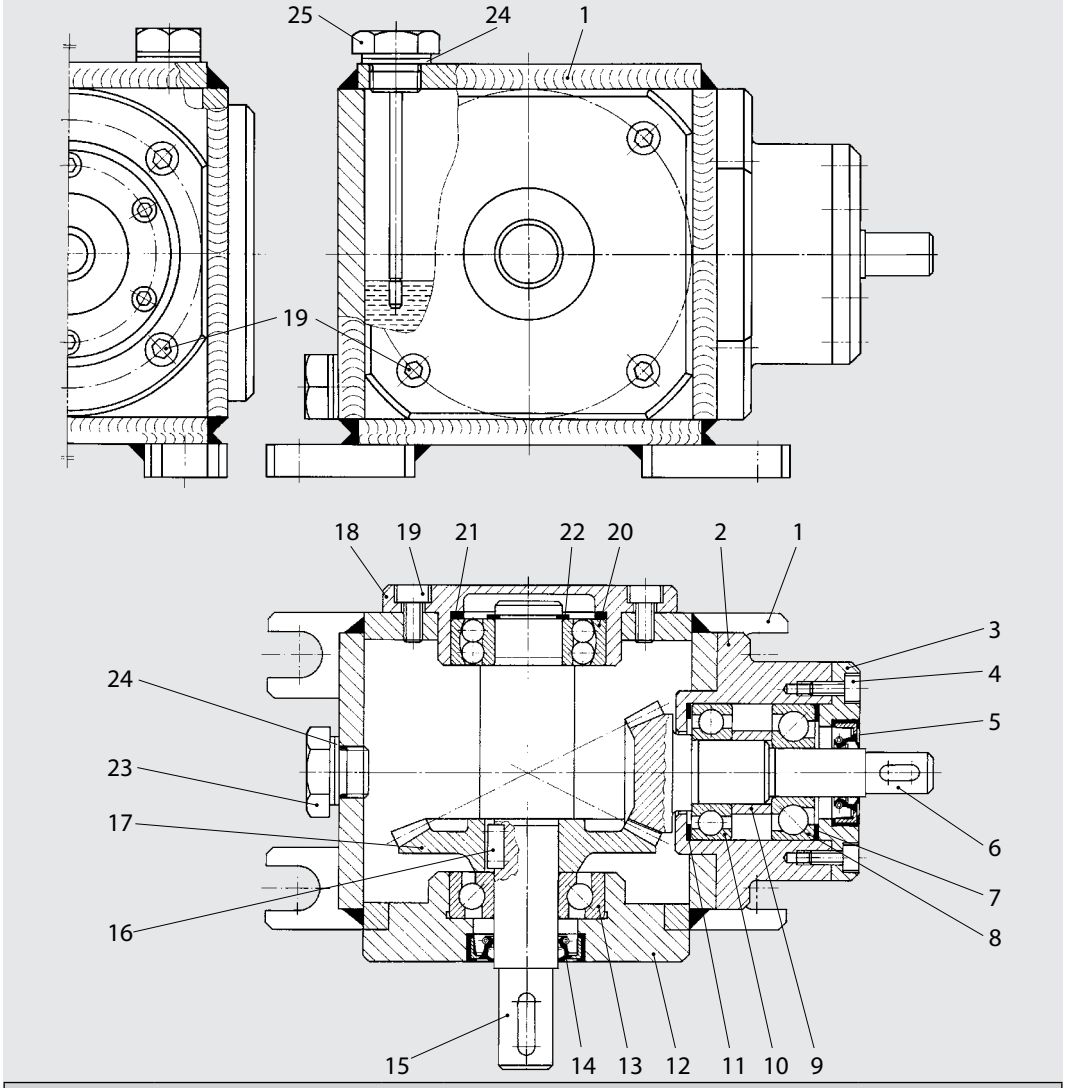
Lĩnh vực học tập 4: Bảo dưỡng hệ thống kỹ thuật

Đề án hướng dẫn được chọn: Bảo dưỡng một máy khoan đứng

Mục tiêu và nội dung	Chỉ dẫn, phương tiện trợ giúp
Phân tích nhiệm vụ công việc	
Giải thích tường tận về khái niệm cơ bản của bảo trì: Bảo dưỡng, kiểm tra, sửa chữa. Ý nghĩa của việc sửa chữa.	Giải thích tường tận về khía cạnh an toàn, trạng thái sẵn sàng làm việc, tính khả dụng và hiệu quả kinh tế.
Cung cấp và chuẩn bị sẵn sàng tài liệu làm việc	
Kế hoạch (sơ đồ) bảo dưỡng và bảo quản, sơ đồ sắp xếp Chỉ dẫn vận hành và chỉ dẫn sử dụng Trợ giúp tìm các chỗ khuyết và lỗi Giới thiệu chất bôi trơn của nhà sản xuất máy Danh mục sản phẩm (Catalogue) của chất bôi trơn Danh sách chi tiết hao mòn Tài liệu về mạch điện	Cung cấp, yêu cầu và chuẩn bị sẵn tài liệu làm việc. Tài liệu của nhà sản xuất máy. Danh mục sản phẩm (catalogue) của nhà sản xuất chất bôi trơn. Tài liệu của các nhà sản xuất chi tiết hao mòn như: vòng bi, vòng kín, dây đai thang. Sách chuyên ngành, sách bảng tra cứu (cẩm nang).
Soạn thảo tỉ mỉ nội dung kỹ thuật	
Khái niệm cơ bản về kỹ thuật máy móc và kỹ thuật thiết bị. Cụm lắp ráp và đơn vị chức năng của máy. Chi tiết máy: bợ trục, đệm kín, trục truyền, cốt (láp), ly kết, đường dẫn trượt, truyền động bằng bánh răng và dây đai. Cung ứng và kết nối điện. Các linh kiện điện: công tắc, cầu chì. Động cơ điện. Chất bôi trơn và chất bôi trơn làm nguội (dung dịch cắt gọt). Sự ăn mòn và chống ăn mòn.	Tìm hiểu về chi tiết máy liên quan trong hệ thống, đặc biệt là những chi tiết có thể bị ăn mòn cần phải được bôi trơn. Bàn về khả năng tránh hoặc giảm sự mài mòn. Catalogue và tài liệu quảng cáo từ nhà sản xuất máy và động cơ điện. Sách chuyên ngành, sách bảng tra cứu.
Thực hiện tính toán	
Số vòng quay, tỷ lệ truyền động, đường dẫn tiến và tốc độ dẫn tiến. Điện thế và cường độ dòng điện, định luật Ohm. Công điện và công suất điện. Các thông số đặc trưng của động cơ điện.	Thảo luận về sự nguy hiểm của dòng điện Sách chuyên ngành, sách tính toán, sách bảng tra cứu (cẩm nang).
Thi hành công việc	
Công việc bảo dưỡng được thực hiện trên máy khoan đứng sau mỗi ca làm việc.	Thực hiện ở phòng máy, phân xưởng trường hay cộng tác với cơ sở đào tạo.
Lưu ý đến an toàn lao động và bảo vệ môi trường	
Quy định về an toàn, các biện pháp bảo vệ điện, tác động vào sức khỏe. Xử lý các chất bôi trơn và chất bôi trơn làm nguội đã sử dụng.	Các tài liệu về an toàn lao động của Hiệp Hội Nghề. Quy định về việc xử lý nhớt cũ Sách chuyên ngành.
Kiểm tra đề án, lập tài liệu và đánh giá	
Kiểm tra các biện pháp bảo dưỡng đã hướng dẫn. Phỏng tính chi phí cho thời gian làm việc và chi phí sử dụng vật tư. Thảo luận về các khả năng cải tiến.	Bàn bạc về những khả năng bảo dưỡng khác nhau và chiến lược bảo trì. Sách chuyên ngành.

Lĩnh vực học tập 7: Lắp ráp hệ thống kỹ thuật

Đề tài hướng dẫn được chọn: Bộ truyền động bằng bánh răng côn



Danh sách chi tiết: Bộ truyền động bằng bánh răng côn (Hộp số bánh răng côn)

Vị trí	Số lượng	Tên chi tiết	Vị trí	Số lượng	Tên chi tiết	Vị trí	Số lượng	Tên chi tiết
1	1	Vỏ hộp số	10	1	Vòng bi rãnh sâu	19	12	Vít đầu trụ
2	1	Vỏ bợ trục	11	1	Đệm chính xác	20	1	Vòng bi nhào
3	1	Nắp đậy bợ trục	12	1	Vỏ bợ trục	21	1	Đệm cách đàn hồi
4	6	Vít đầu trụ (tròn)	13	1	Vòng bi đỡ chặn			
5	1	Đệm kín trục quay	14	1	Đệm kín trục quay	22	1	Vòng chặn (circlip)
6	1	Bánh răng côn chủ động	15	1	Trục	23	1	Vít bít kín
7	1	Đệm chính xác	16	1	Then bằng	24	2	Vòng đệm phẳng
8	1	Vòng bi đỡ chặn	17	1	Bánh răng côn	25	1	Vít bít kín với que thăm nhớt
9	1	Vòng cách	18	1	Vỏ bợ trục			

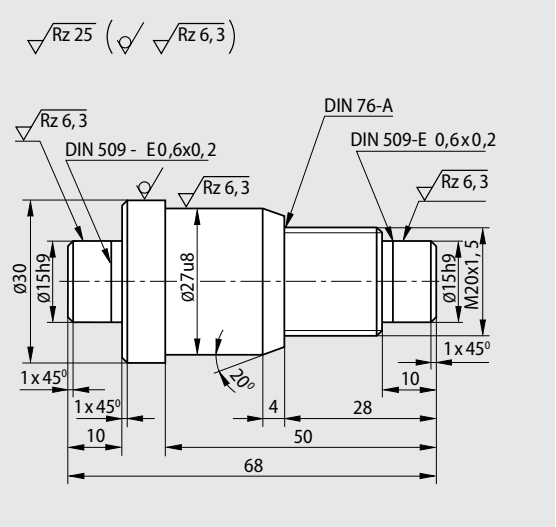
Lĩnh vực học tập 7: Lắp ráp hệ thống kỹ thuật

Đề tài hướng dẫn được chọn: Bộ truyền động bằng bánh răng côn

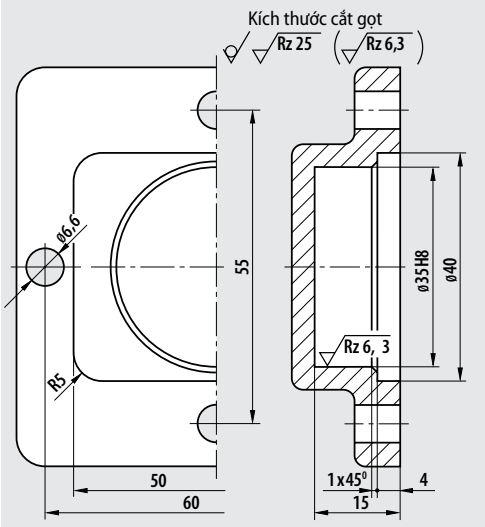
Mục tiêu và nội dung	Chỉ dẫn, phương tiện trợ giúp
Nhận biết nhiệm vụ và nắm bắt chức năng của bộ truyền động bằng bánh răng côn	
• Nhiệm vụ của truyền động bằng bánh răng côn • Thực hiện chức năng bằng bánh răng côn với số răng khác nhau • Hộp truyền động với sự cắt răng khác So sánh truyền động bằng bánh răng côn với truyền động bằng bánh răng trụ tròn răng thẳng và truyền động bằng trục vít (vít vô tận)	Bản vẽ tổng thể, danh sách chi tiết Sách chuyên ngành Có thể tháo ra một bộ truyền động với bánh răng trụ tròn răng thẳng có sẵn, nắm bắt chức năng của nó.
Chi tiết máy	
• Bánh răng côn (chế tạo, dạng bánh răng) • Bulông (sức bền, phương pháp siết) • Ổ trục (bợ trục, các loại ổ lăn, ưu và khuyết điểm đối với bạc trượt/ổ trượt, bôi trơn) • Đệm kín (các loại, chiều lắp ráp, đệm kín lỏng, đệm kín thay thế) • Kết nối trục-đùm (then bằng, bộ gá kẹp) • Kết nối trục-đùm thay thế khác	Sách chuyên ngành Sách cẩm nang tra cứu Catalogue của xí nghiệp (Ổ lăn, đệm kín, các kết nối trục đùm)
Tính toán	
• Các tỷ lệ truyền động, momen quay (ngẫu lực), công suất và hiệu suất, lắp ghép, ma sát	Sách cẩm nang tra cứu
Kế hoạch lắp ráp	
• Lên kế hoạch lắp ráp • Nơi lắp ráp và bệ thử dành cho chạy thử • Kiểm tra sự nguyên vẹn của cấu kiện • Chuẩn bị sẵn phương tiện hỗ trợ lắp ráp và nhớt hộp số	Bản vẽ tổng thể, danh sách chi tiết Máy ép trục vít, ống lót để ráp vòng đệm kín trục
Lắp cụm và lắp hoàn chỉnh	
• Lắp cụm và lắp hoàn chỉnh Giải thích lý do trình tự lắp ráp • Chỉnh khe hở mặt sau • Trình tự lắp ráp thay thế khác	Lá cỡ (dưỡng đo khe hở) Máy mài phẳng
Kiểm tra vận hành (**Kiểm tra chức năng**)	
• Kiểm tra xem chạy có nhẹ, êm không • Chạy thử có tải • Kiểm tra vết ăn khớp của mặt tiếp xúc răng côn • Giải thích lý do thay nhớt sau khi chạy thử • Lập biên bản kiểm tra	Đầu dò nhiệt độ
Tháo ra (Vòng đệm kín trục quay phải được thay thế)	
• Điều tra nguyên nhân có thể gây ra ăn mòn • Thảo luận các đề xuất cải tiến • Thực hiện tháo ra theo kế hoạch	Lỗi lắp ráp, bề mặt cấu kiện không tương ứng với yêu cầu; bản vẽ tổng thể

Lĩnh vực học tập 8: Lập trình và sản xuất trên máy công cụ điều khiển bằng kỹ thuật số

Công việc được giao (Lệnh công tác): Sản xuất trục truyền động bánh răng (**Hình 1**) trên máy tiện CNC và nắp bợ trục (**Hình 2**) trên máy phay CNC



Hình 1: Trục truyền động bánh răng bằng thép C45



Hình 2: Nắp bợ trục bằng vật liệu EN AC-AlSi9

Hiểu biết nhiệm vụ và soạn thảo tình trạng học tập một cách rõ dàng dễ hiểu

Bước học tập 1: Tìm hiểu cụm lắp ráp và chức năng của máy CNC	Mục đích,nội dung	Thực hiện, Hướng dẫn
	Cấu tạo và chức năng của máy CNC, Hệ thống tọa độ và các trục, Các điểm chuẩn	- Nghiên cứu và giải thích về cấu tạo và chức năng của máy tiện và máy phay CNC ở phòng thí nghiệm - Khởi động chạy đến điểm tham khảo - Xác định điểm 0 ở chi tiết và khởi động chạy

Bước học tập 2: Lập kế hoạch sản xuất trục trên máy tiện CNC	Mục đích, nội dung	Thực hiện, Hướng dẫn
	Kế hoạch làm việc, kế hoạch dụng cụ, bảng chuẩn bị thông số cắt, dữ liệu công nghệ cho tiện, tính toán dữ liệu hình học còn thiếu, phác họa sơ đồ kẹp	Bước đầu hạn chế ở một bên của trục: xác định trình tự làm việc, chọn dụng cụ, xác định v_c, f và a_p, lập một phác họa sơ đồ kẹp.

Bước học tập 3: Lập kế hoạch gia công khoan và gia công phay cho nắp đậy bợ trục trên máy phay CNC	Mục đích,nội dung	Thực hiện, Hướng dẫn
	Kích thước tọa độ, kế hoạch dụng cụ, bảng thông số cắt, dữ liệu công nghệ cho phay và khoan	Lập bảng tọa độ, xác định dữ liệu công nghệ, tính số vòng quay và tốc độ bước tiến, lập bảng thông số cắt và phác họa sơ đồ kẹp.

Lĩnh vực học tập 8: Lập trình và sản xuất trên máy công cụ điều khiển bằng kỹ thuật số

Bước học tập 4: Lập chương trình CNC cho tiện và phay, mô phỏng trên máy tính cá nhân (PC)	Mục đích,nội dung	Thực hiện, Hướng dẫn
	Cấu trúc chương trình, tạo ra các chương trình CNC (cũng với sự trợ giúp của các phương pháp lập trình đồ họa, thí dụ như cho đường biên chi tiết), kiểm tra qua mô phỏng	Khái niệm cơ bản về lập trình, lập trình theo DIN, ứng dụng chu trình (chu trình phay ren và chu trình phay bọng), lập trình tiện và phay CNC, ứng dụng phần mềm có sẵn, mô phỏng và khắc phục các lỗi chương trình, lưu trữ và in ra chương trình.

Bước học tập 5: Sản xuất chi tiết trên máy tiện và máy phay CNC	Mục đích,nội dung	Thực hiện, Hướng dẫn
	Cài đặt máy tiện và máy phay CNC, sản xuất trục truyền động bánh răng và nắp đậy bợ trục dưới sự lưu ý về an toàn lao động	Đo dụng cụ, nạp dữ liệu dụng cụ vào trong bộ nhớ dụng cụ, chuẩn bị cho máy tiện và máy phay CNC, nạp chương trình CNC (bằng tay hay trực tuyến), chạy thử và sản xuất chi tiết.

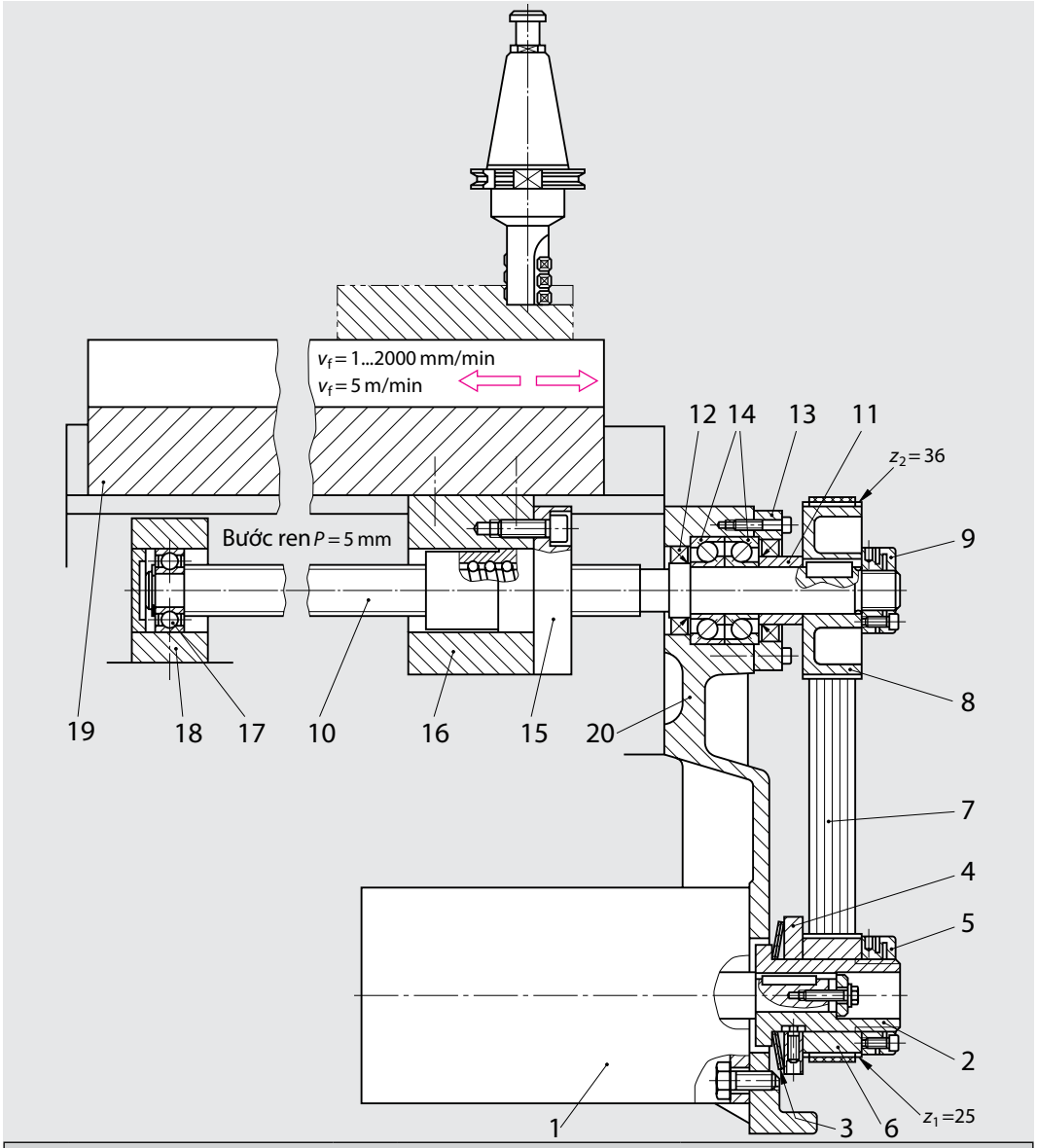
Bước học tập 6: Kiểm tra chi tiết và tối ưu hóa quy trình cắt gọt	Mục đích,nội dung	Thực hiện, Hướng dẫn
	Chọn phương tiện kiểm tra, lên kế hoạch kiểm tra trên cơ sở sản xuất hằng loạt, hiệu chỉnh dụng cụ, tối ưu hóa sản xuất theo hướng kích thước, độ bóng bề mặt và năng suất (**Bảng 1**)	Xác định đặc điểm kiểm tra và phương tiện kiểm tra, kiểm tra các chi tiết đã gia công và thực hiện chỉnh sửa cần thiết để cải thiện chất lượng và năng suất.

Bảng 1: Các biện pháp để tối ưu hóa sản xuất

Mục đích mong muốn đạt được	**Các biện pháp khả thi**
Chỉnh sửa kích thước gia công (loại trừ sai lệch kích thước hay chỉnh sửa vào tâm dung sai)	Thay đổi kích thước chỉnh sửa trong bộ nhớ chi tiết, thay đổi giá trị tọa độ đã lập trình trong chương trình CNC, kiểm tra việc chỉnh sửa bán kính lưỡi cắt hoặc quỹ đạo.
Cải thiện độ bóng bề mặt	Tăng tốc độ cắt, giảm bước dẫn tiến, sử dụng dung dịch bôi trơn làm nguội, thay thế dụng cụ khi mòn, sử dụng mảnh hợp kim trở mặt với dạng hình học khác hay phủ lớp, chọn vật liệu cắt khác, tạo điều kiện cắt ổn định hơn (ứng suất chi tiết và ứng suất dụng cụ)
Nâng cao năng suất	Bước dẫn tiến lớn hơn lúc tiện phá, tăng tốc độ bước dẫn tiến lúc phay, tăng tốc cắt và sử dụng dung dịch bôi trơn làm nguội, giảm thay thế dụng cụ cần thiết thông qua sử dụng dụng cụ khác, lập trình đường tiến dao ngang nhanh ngắn hơn, tránh khoảng cách điều chỉnh dài hơn không cần thiết

Lĩnh vực học tập 10: Sản xuất và đưa vào vận hành một phần hệ thống kỹ thuật

Đề án hướng dẫn được chọn: Truyền động dẫn tiến một máy phay CNC



Danh sách chi tiết (trích)					
Vị trí	Tên chi tiết	Vị trí	Tên chi tiết	Vị trí	Tên chi tiết
1	Động cơ 3 pha	8	Pu li trục chính	15	Đai ốc ren hình cầu
2	Đùm	9	Đai ốc chặn trên	16	Gối ổ trục
3	Lò xo đĩa	10	Trục ren hình cầu	17	Vòng bi rãnh sâu
4	Bánh ma sát	11	Bạc lót khoảng cách	18	Ổ trục di động
5	Đai ốc (tán) chặn dưới	12	Vòng đệm trục quay	19	Bàn máy
6	Pu li động cơ	13	Nắp đậy bợ trục	20	Bích ổ trục (bợ trục)
7	Dây đai răng	14	Vòng bi đỡ chặn		

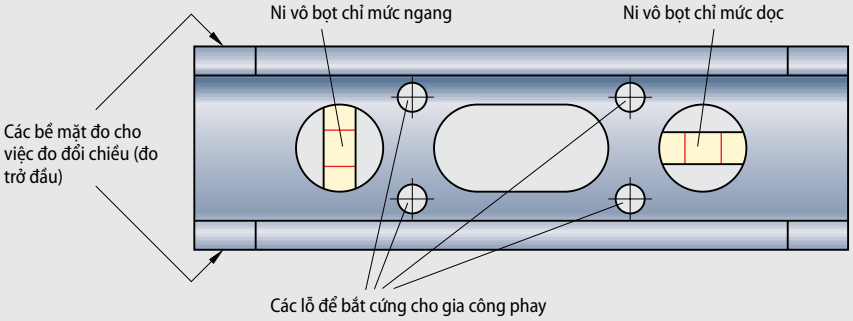
Lĩnh vực học tập 10: Sản xuất và đưa vào vận hành một phần hệ thống kỹ thuật

Đề án hướng dẫn được chọn: Truyền động dẫn tiến một máy phay CNC

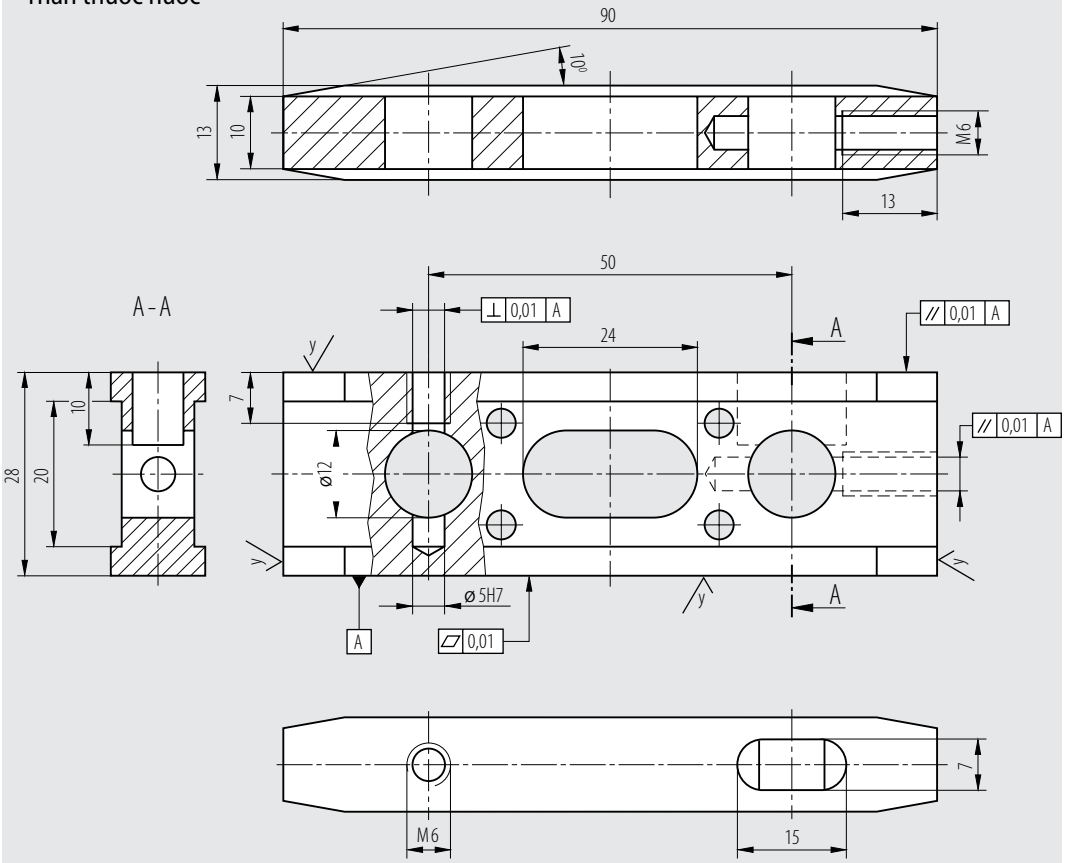
Mục tiêu và nội dung	Chỉ dẫn, phương tiện trợ giúp
Hiểu biết và diễn đạt nhiệm vụ	
• **Hiểu rõ chức năng** lúc chuyển động dẫn tiến và tiến dao ngang nhanh của bàn máy và khi bắt đầu chạy khởi động • **Nhiệm vụ của phần hệ thống** (cụm truyền động dẫn tiến) trong toàn bộ hệ thống (máy phay CNC) • **Hệ thống truyền động thay thế khác** với phân tích sơ bộ ưu và khuyết điểm (làm việc nhóm) • **Quyết định** cho một trong các khả năng.	Bản vẽ tổng thể Hướng dẫn vận hành, thẻ máy Quan sát (viếng) một máy phay CNC, đặc biệt là truyền động của nó Sách chuyên ngành Tài liệu quảng cáo của nhà sản xuất Các máy ở xí nghiệp đào tạo và ở phòng ban đào tạo
Lập kế hoạch cho một phần phạm vi hệ thống	
• **Mục đích học**, sắp xếp theo ưu tiên và xác định **giới hạn thời gian** • **Lập nhóm làm việc** • **Phân chia vai trò và nhiệm vụ** • Xác định những **chi tiết mua** cũng như **chi tiết tiêu chuẩn** và chi tiết được sản xuất • Tìm hiểu **chi tiết máy**, phân loại, chức năng, ký hiệu • Thực hiện **tính toán**: tỷ lệ truyền động, các phạm vi số vòng quay và tốc độ. • Xác định theo tính phù hợp của **vật liệu** hoặc kiểm tra sự phù hợp của vật liệu dự kiến. Có kế hoạch xử lý nhiệt trước nếu cần. • Kế hoạch **lắp ráp**: chuẩn bị sẵn sàng các chi tiết, kiểm tra khả năng lắp cụm, chuẩn bị sẵn sàng dụng cụ cần thiết, dự trù kế hoạch chạy thử.	Chương trình giảng dạy khung bổ sung bằng ý tưởng của riêng mình; Bắt buộc phải diễn đạt mục đích và nội dung. Danh sách chi tiết bổ sung cho danh mục chi tiết đầy đủ. Tên gọi cũng ghi bằng tiếng Anh. Sách chuyên ngành và sách cẩm nang tra cứu, Danh mục sản phẩm (catalogue) của các xí nghiệp, liên hệ với nhà sản xuất, các thương gia, cả trong Internet Đặc biệt quan trọng: truyền động bằng ren hình cầu với ổ bợ trục của nó, lắp ghép.
Sản xuất	
• Tập hợp kết quả của các nhóm từ những lĩnh vực và trình bày một cách có hệ thống việc sản xuất bao gồm lắp ráp. • Khái quát: Nhiều đề án phù hợp trong ngành nghề chế tạo máy không thể thực hiện sản xuất được ở nhà trường	Trợ giúp: Các nhà sản xuất để lại nhà trường các hệ thống phù hợp, thí dụ như: động cơ giảm tốc lấy từ chương trình sản phẩm.
Đưa vào vận hành và kiểm tra	
• Kiểm tra - Tính linh động của tất cả các chi tiết chuyển động - Tất cả các kết nối - Sức căng của dây đai - Mô men kích hoạt của ly kết an toàn • Chạy thử, ngắn hạn và dài hạn • Biên bản kiểm tra	Chú ý các độ rơ, hở cần thiết; Khoảng rơ tiến đối với lúc truyền lùi với ren cầu *(Vùng chết ở ren cầu, độ rơ)* Thảo luận khả năng kiểm tra sức căng của dây đai Thông qua lần nữa các thông số kỹ thuật (Danh sách phạm vi cung cấp) của nhà cung cấp

Phạm vi học tập 11: Giám sát chất lượng sản phẩm và quy trình

Đề án hướng dẫn được chọn: Thước ống thủy chuẩn (thước nước, nivô nước, ống thủy)



Thân thước nước



Phạm vi học tập 11: Giám sát chất lượng sản phẩm và quy trình

Chọn đề tài hướng dẫn: Thước ống thủy chuẩn (thước nước, thước thủy)

Nhận xét trước: Thân của thước thủy làm bằng hợp kim nhôm và được phay toàn bộ. Sau đó được khoan và doa các lỗ gắn các ni vô bọt chỉ mức dọc và ngang. Ở đây chất lượng sản phẩm phải cao để người ta có thể đo được một cách chắc chắn độ nghiêng nhỏ của thước thủy (nivô nước).

Các yêu cầu về chất lượng	Chỉ dẫn, những câu hỏi
Hai mặt phẳng đo song song của thước thủy phải được điều chỉnh sao cho phù hợp với vị trí của nivô bọt để chỉ có sai lệch kích thước nhỏ xuất hiện. Ở vị trí nằm ngang của thước thủy, độ sai lệch cho phép không nên vượt quá 0,5mm/m từ vị trí 0. Vì ống ni vô bọt nhỏ và chiều dài tương đối ngắn của thước thủy, ta phải tính với một giá trị phần chia thang đo > 1,0 mm/m	Khi không có sai số từ vị trí số 0, bọt khí ở trong ni vô nên đứng giữa lần số 0. Tại sao phải doa chính xác lỗ có ren trong vỏ hộp để gắn các ni vô? Tại sao các ni vô phải được đẩy cẩn thận vào vỏ hộp Tại sao phần lớn các thang đo ở ni vô được chọn với một khoảng chia là 2 mm?

Kiểm tra chất lượng	Chọn phương tiện kiểm tra, sai số đo
Kiểm tra toàn bộ các đặc điểm quan trọng cho chức năng của thước thủy,: • Độ phẳng của bề mặt chuẩn A. • Độ song song của hai bề mặt đo • Sự chỉnh thẳng của ni vô dọc song song với bề mặt chuẩn A • Sự chỉnh thẳng của ni vô ngang thẳng góc với bề mặt chuẩn A • Độ nhấp nhô *Rz* = 4µm	Thiết bị đo nào có khả năng để kiểm tra việc giữ dung sai cho độ phẳng, độ song song và độ thẳng góc? Khi đo trở đầu (đo đổi chiều) có thể có sai số bọt khí ở ni vô từ vị trí số 0. Nguyên nhân nào có thể gây ra việc này? Tại sao bề mặt đo được phay với một độ nhấp nhô *Rz* = 4 µm chứ không phải với độ nhấp nhô thông thường là *Rz* = 16 µm

Điều chỉnh chất lượng	Ảnh hưởng vào sự phân tán của giá trị đặc trưng
• Phòng tránh các sai sót • Các biện pháp giám sát quy trình phay thí dụ như tránh sai sót qua việc nhận biết xu hướng thay đổi của kích thước • Điều chỉnh chất lượng thông qua thiết bị đo và điều chỉnh ở máy phay • Sự kiểm tra chất lượng trong khi hoặc ngay sau khi sản xuất • Các biện pháp với sản phẩm qua chọn lựa ra chi tiết lỗi hoặc làm lại	Con người: Trình độ chuyên môn, ý thức trách nhiệm, động cơ thúc đẩy. Máy móc: Độ bền vững, chất lượng gia công, hệ thống dụng cụ và hệ thống kẹp. Vật liệu: Khả năng cắt gọt của vỏ nhôm, độ bền, độ cứng Cách thức: Phương pháp phay, các bước gia công, điều kiện cắt gọt Ảnh hưởng bên ngoài: Nhiệt độ, chấn động của mặt đất

Trình bày	Thông báo về trình bày
• Chủ đề và mục đích của đề án học tập • Quy trình làm việc lúc phay và kiểm tra • Đánh giá chất lượng sản phẩm đối với mục tiêu dự án • Ý nghĩa của đề án cho khả năng có thẩm quyền về phương pháp đã chọn	- Kiểm tra độ chính xác của các kết quả - Giới thiệu thước thủy và chức năng của nó - Sự chính xác về chuyên môn và sự dễ hiểu - Giới hạn vào những điều thiết yếu - Cách xuất hiện và ngôn ngữ dễ chịu - Tiếp xúc bằng mắt với người nghe

Lĩnh vực học tập 5: Gia công chi tiết rời với máy công cụ

Khái niệm cơ bản về vẽ
Đọc bản vẽ chi tiết và bản vẽ cụm cũng như danh sách chi tiết, lập bản vẽ chi tiết với CAD; dung sai hình dạng và vị trí, dữ liệu bề mặt và độ cứng

Đề án hướng dẫn, thí dụ như trụ máy khoan
Các chi tiết của trụ máy khoan được sản xuất và kiểm tra qua gia công tiện, phay và khoan cũng như được xử lý nhiệt tùy theo nhu cầu

Quản lý chất lượng
Ấn định các tính năng kiểm tra, kế hoạch kiểm tra, phương tiện kiểm tra. Hướng dẫn và diễn giải biên bản kiểm tra, đo chiều dài, dung sai hình dạng và dung sai vị trí; sự phụ thuộc của chất lượng vào quy trình sản xuất

Khái niệm cơ bản về toán
Số vòng quay, tốc độ cắt và tốc độ dẫn tiến, thời gian sử dụng chính, lực, định luật đòn bẩy, định luật Hooke, giãn nở nhiệt, tính chi phí

Sản xuất
Lập kế hoạch làm việc với dữ liệu cắt, dụng cụ và phương tiện kẹp, phương pháp gia công có phoi; phương pháp nung và tôi, xếp đặt và chỉnh máy công cụ

Vật liệu
Chọn vật liệu thích hợp,vật liệu cắt, dung dịch bôi trơn và làm nguội và việc xử lý của nó, tiêu chuẩn vật liệu và bán thành phẩm của nó.

Lĩnh vực học tập 6: Kế hoạch và việc đưa vào vận hành của hệ thống điều khiển kỹ thuật

Khái niệm cơ bản
Khái niệm cơ bản về điều khiển và điều chỉnh, các sơ đồ mạch, sơ đồ dòng điện chạy, biểu đồ Hành trình-Bước, giao diện, bảng sắp đặt (bảng phân bổ thiết bị với đầu vào và đầu ra cho PLC)

Đề án hướng dẫn, thí dụ như hệ thống băng chuyền cho bình chứa
Những bình chứa đến từ băng tải con lăn được tách riêng bằng xi lanh, nâng cao và đẩy sang băng tải con lăn thứ 2.

Lắp ráp
Xác định: sắp xếp linh kiện điều khiển theo cách tập trung hay phân tán; loại đường ống, dẫn hướng đường ống, cấu kiện kết nối

Các loại điều khiển, đại cương
Khí nén, điện khí nén, thủy lực, điện thủy lực,các điều khiển bằng điện, PLC (Điều khiển lôgic lập trình), trình tự điều khiển và điều khiển kết nối.

Hoàn thiện sự điều khiển
Xác định loại điều khiển, phát triển của sơ đồ chuyển mạch, chọn linh kiện theo chức năng của nó, lực và tốc độ yêu cầu

Vận hành
Kiểm tra độ linh động và chức năng của mỗi linh kiện. Điện thế, áp suất, tốc độ độ suy giảm, điều chỉnh bộ định giờ, kiểm tra toàn bộ quy trình

Lĩnh vực học tập 9: Sửa chữa các hệ thống kỹ thuật

Tài liệu
Bản vẽ tổng thể, sơ đồ chuyển mạch, chỉ dẫn tháo máy ra của nhà sản xuất và bản vẽ phối cảnh chi tiết rời, danh sách chi tiết thay thế với số cấu kiện, giới thiệu dung dịch cắt gọt

Đề án hướng dẫn, thí dụ như kẹp dụng cụ của một trung tâm gia công
Bằng cách thay thế một cấu kiện bị ăn mòn mà độ chính xác lặp lại khi thay đổi dụng cụ và sự chính xác của độ đảo được khôi phục lại.

Nội dung
Cấu tạo và vận hành các bộ phận chức năng của máy công cụ, các loại mài mòn, xử lý các chất phụ trợ đã sử dụng

Làm việc
Tháo và lắp, phân tích lỗi và phân tích thiệt hại, gia công lại cấu kiện hư hỏng và sản xuất các cấu kiện không sử dụng được, báo cáo thiệt hại

Cung ứng các nguyên vật liệu
Phụ tùng, chi tiết hao mòn, chi tiết thay thế, chi tiết nhỏ, chi tiết tiêu chuẩn hóa chất bôi trơn, chất làm sạch và chất chống sét gỉ

Đưa vào vận hành
Chạy thử, kiểm tra chức năng, độ chính xác mặt đầu, sự chính xác độ đảo và độ chính xác lặp lại, kiểm tra chất lượng, biên bản nghiệm thu, tính toán chi phí

Lĩnh vực học tập 12: Bảo dưỡng các hệ thống kỹ thuật

Tài liệu
Kế hoạch bôi trơn và chăm sóc, kế hoạch bảo dưỡng, hệ thống giúp tìm khuyết tật, hệ thống chẩn đoán với sự hỗ trợ của máy tính, các catalogue về chất bôi trơn

Đề án hướng dẫn: Trung tâm gia công cho công việc phay
Bảo dưỡng hệ thống sản xuất cho gia công chi tiết được điều khiển theo chất lượng đồng thời bảo đảm chất lượng sản xuất và duy trì giá trị của hệ thống sản xuất.

Nội dung
Khái niệm về bảo dưỡng:
Bảo dưỡng vì trục trặc, vì phòng ngừa hay lệ thuộc vào tình trạng máy, thời gian chết, chi phí bảo dưỡng, chi phí ước tính, tính chi phí, bảo trì, thanh tra, sửa chữa lớn, phương pháp kiểm tra vật liệu, phương pháp xử lý nhiệt, đánh giá sự cố bằng thống kê, phân tích chỗ yếu (phân tích Pareto), quản lý chất lượng, sử dụng các tài liệu bằng tiếng Anh.

Làm việc
Bảo trì và bảo dưỡng, phân tích lỗi và phân tích hư hỏng, kiểm tra vật liệu và cấu kiện, xử lý nhiệt, đánh giá thiệt hại bằng phương pháp thống kê.

Kiến thức máy
Các đơn vị chức năng của máy công cụ, kỹ thuật lắp ráp, máy công cụ, các phương tiện xử lý thao tác, robot, các trang thiết bị sản xuất, tự động hóa

Lĩnh vực học tập 13: Đảm bảo khả năng vận hành của những hệ thống tự động

Phân tích
Cấu tạo, chức năng, giao diện giữa các mođun kết cấu và quy định về bảo dưỡng được phân tích với sự trợ giúp của tài liệu kỹ thuật (cũng bằng tiếng Anh)

Đề án hướng dẫn,thí dụ: máy tiện với tay máy để nạp và tháo liệu
Qua tay máy được lập trình cố định, phôi tiện được đưa vào mâm cặp và chi tiết tiện hoàn tất được lấy ra

Tối ưu hóa quy trình
Cho chu trình làm việc được ấn định trước bằng giới hạn lỗi. Giảm thiểu thời gian phụ, khả năng tích hợp của bảo đảm chất lượng; cải thiện các thiết bị an toàn

Đào sâu kỹ thuật điều khiển
Điện khí nén và điện thủy lực, PLC (Điều khiển lôgic lập trình), ngôn ngữ lập trình, điều khiển trình tự và điều khiển kết nối, mô đun chuỗi trình tự và xuất lệnh.

Hệ thống xử lý thao tác
Các loại kết cấu, lập trình, xác định ranh giới để phân biệt với rô bốt, an toàn quy trình, các biện pháp cần thiết để bảo hộ lao động

Khía cạnh kinh tế
Các đề nghị thay đổi ở máy, các tay máy ở trình tự gia công được cân nhắc dưới khía cạnh kinh tế

Những người biên soạn và nhà xuất bản cám ơn những công ty và các cơ quan đã giúp đỡ trong công việc thực hiện qua tư vấn, hình ảnh và tài liệu in.

A... D

AGA Hamburg
AGIE CHARMILLES CH – Lonsone/Fellbach
Alma driving elements Wertheim
Aluminium-Zentrale Düsseldorf
Alusingen Singen
Alzmetall Altenmarkt
AMF Andreas Maier Fellbach
ANDRITZ HYDRO Ravensburg
Arnold und Stolzenberg Einbeck
Arntz-Optibelt Höxter
Atlas Copco Essen
Aventis F – Straßburg

Balluf Neuhausen
BASF Ludwigshafen
Battenberg Meinerzhagen
Bauer Esslingen
Bauer&Schaurte Karcher Neuss
Bayer Leverkusen
Bayside Ludwigshafen
Belin F – Lavancia
Blankenhorn Esslingen
BMW München
Bodmer CH – Küsnacht
Böhler A – Kapfenberg
Böllhoff Bielefeld
Bosch Stuttgart
Braun Kronberg
Brown & Sharpe/TESA Ludwigsburg
Brüel & Kjaer Vibro GmbH Darmstadt
Bundesanstalt für Materialforschung Berlin
Burgmann Wolfratshausen
Busak & Shamban Stuttgart
Buser CH – Wiler

CE Johansson Weiterstadt
CeramTec Plochingen
CEROBEAR Herzogenrath
Chemische Werke Hüls Marl
c-mill technologie CH – Nidau
ContiTech Hannover

Daimler-Chrysler Stuttgart
Deutsche Castrol Hamburg
Deutsche Star Schweinfurt
DMG Bielefeld/Stuttgart
Dow corning Wiesbaden
Dürr Anlagenbau Stuttgart

E... F

EAAT Chemnitz
EJOT Bad Laasphe
Euchner & Co Leinfelden-Stuttgart

FAG Kugelfischer Schweinfurt
FANUC Robotics Neustadt
Federal-Mogul-Deva Stadtallendorf
Feldmühle Plochingen
FerMeTec Diezenbach
FESTO Eßlingen
Fette Schwarzenbek
Flender Himmelwerke Tübingen
Forckhardt Düsseldorf
FORD-Werke Köln
Franke Aalen
Freudenberg Weinheim
Fuchs Metallwerke Meinerzhagen
Fuchs Mineralölwerke Mannheim

Gehring Ostfildern
Gesamtverband der Aluminiumindustrie Düsseldorf
Getriebebau Nord Bargteheide
Gießerei-Verlag Düsseldorf
Gildemeister Bielefeld
GKN Sintermetals Radevormwald
Gom Braunschweig
Gühring Albstadt

H... K

Hahn & Kolb Stuttgart
HAINBUCH Marbach
Halder Laupheim
Harmonic Drive Limburg/Lahn
Hauni-Werke Körber Hamburg
Heller Nürtingen
Hermle Gosheim
Hilger & Kern Mannheim
Hilma-Röhmheld Hilchenbach
Hirschmann Fluorn-Winzeln
Hoffmann München
Hommel CNC-Technik Köln
Hommelwerke Villingen-Schwenningen
Honsel Fröndenberg
Hüller Hille Ludwigsburg
Hunger DFE Würzburg
Hyprostatik-Schönfeld Göppingen

INA Lineartechnik Herzogenaurach
INDEX Werke Eßlingen

Informationsstelle Schmiedestücke Hagen
INKOMA Schandelah
Institut für Metallkunde Universität Clausthal Clausthal
ISCAR Hartmetall Ettlingen

Jakob Kleinwallstadt

KADIA Nürtingen
KASTO Achern
Kemper Vreden
KennametallHertel Friedrichsdorf
Kerb-Konus Amberg
Kesel Kempten
Keyence Neu Isenburg
Kipp Sulz a.N.
Koenig Verbindungstechnik Illerrieden
Komet Besigheim
Krautkrämer Hürth
Kühl Schlierbach
KUKA Augsburg

L... P

Lasco Umformtechnik Coburg
LEIPOLD Wolfach
Lenze Hameln
Lenze Verbindungstechnik Waiblingen
Leuze Elektronik Owen/Teck
Liebherr Kempten
Linde Höllriegelskreuth
LOCTITE Deutschland München
Lorenz Ettlingen
Lufthansa Köln

Mahr Esslingen/Göttingen
MAPAL Aalen
MAPROS Fellbach
Mayr Mauerstetten
Maxdata Marl
MBB Drehflügler und Verkehr Donauwörth
Microna Saarwellingen
Microtec Renningen
Mikron CH – Lugano/Fellbach
Mitutoyo Neuss
Müller-Weingarten Weingarten

Nadella Stuttgart
Nagel Nürtingen
Nordmann Hürth
Norsk Hydro Magnesium Bottrop

Oel-Held Stuttgart
OKS München
Ott-Jakob Lengenwang

Parker Hannifin-Ermeto Bielefeld
Pepperl & Fuchs Mannheim
perma-tec Euerdorf
PIV Antrieb Werner Reimers Bad Homburg
Plansee Tizit A – Reutte
Porsche AG Weissach
Prototyp Zell a. H.
PSM-Druckluftechnik Martinsried

Q... S

Q-DAS Gesellschaft für Datenverarbeitung Weinheim

Renishaw Pliezhausen
Revolve Magnetic Bearing Calgary (Can)
Ringfeder Krefeld
Ringspann A. Maurer Bad Homburg
Röhm Sontheim
Röhmheld Laubach
Röhrs Sonthofen

SANDVIK Coromant Düsseldorf
Schaeffler Wälzlager Homburg
SCHAUDT Stuttgart
Schenk Darmstadt
Schuler Göppingen
Schunk Laufen
Schunk Ingenieurkeramik Willich-Münchheide
Seco-Tools CH – Biel
Sempress-Pneumatik Langenfeld
SHW Aalen-Wasseralfingen
Sick AG Waldkirch
Siegling Hannover
Siemens Karlsruhe
Siemens Antriebstechnik Erlangen
SKF Kugellagerfabriken
Schweinfurt
SMG Waghäusel
Spieth Maschinenelemente Eßlingen
SPINNER Werkzeugmaschinenfabrik
Sauerlach
Stähli CH – Pieterlen/Biehl
Stahl-Informations-Zentrum Düsseldorf
STAMA Schlierbach
Steidle Leverkusen
Stöber Antriebstechnik Pforzheim
Studer CH – Thun
Supfina Remscheid

T... Z

Tayler Hobson Wiesbaden
TESA/Brown & Sharpe CH – Renens
Texas Instruments Weingarten
THK Ratingen
TITEX PLUS Frankfurt aM.
TOX Weingarten
Trumpf Ditzingen
Tyrolit Schleifmittel A – Schwaz

Ultracoat Eisenach
Unbrako Schrauben Koblenz

Verband der keramischen Industrie Selb
Voith Antriebstechnik Heidenheim

Wacker Chemie München
Walter Tübingen
Walther Flender Düsseldorf
Weiler Emskirchen
Wemotec Eggenstein
Werth Gießen
WIDIA Valenite Essen
Wieland-Werke Ulm
WIKUS Spangenberg
Wohlhaupter Frickenhausen
Wolters Regensburg

Zeiss Oberkochen
Zentrale für Gussverwendung Düsseldorf
ZF Friedrichshafen
ZOLLER Freiberg/Neckar
Zollern Herbertingen
Zwick Ulm

TRANG	ĐỨC	VIỆT 1/VIỆT 2 (ĐỒNG NGHĨA)	ANH
95	Abkanten	Chấn cạnh	Bending
248	Abkühlungskurve, Eisen	Đồ thị giảm nhiệt/Đường nguội, đường cong giảm nhiệt (sắt)	Cooling curve, iron
460, 250	Ablaufsteuerung	Sự điều khiển trình tự/Sự điều khiển tiến trình	Sequence control
245	Abluftabsaugung	Hút khí thải	Waste air evacuation
486	Abluftdrosselung	Sự tiết lưu khí thải/Sự điều tiết khí thải	Waste air throttling
234	Abluftreinigung	Làm sạch khí thải	Waste air decontamination
40	Abmaße bei Toleranzen	Giới hạn dung sai	Tolerance limits
442	Abnutzung	Sự hao mòn	Abrasion
441	Abnutzungsvorrat	Khả năng chịu hao mòn/Dự trữ chịu hao mòn, trữ lượng chống hao mòn	Reservoir of abrasion
376	Abscherstifte	Chốt bảo hiểm/Chốt cắt đứt (an toàn), chốt trượt	Shearing pins
281	Abschrecken beim Härten	Tôi kim loại trong quá trình tăng độ bền/Nhúng làm nguội lúc tôi (trui)	Quenching in hardening
283	Abschreckmittel	Dung dịch làm nguội lúc tôi	Quenching agent
553	Absolutbemaßung	Kích thước tuyệt đối	Absolute dimensions
540	Abspanzyklus	Chu trình cắt gọt	Cutting cycle
147	Abstechdrehen	Tiện cắt đứt	Parting-off
189	Abtragen, funkenerosives	Sự xói mòn (hao mòn) bằng tia lửa điện	Removal operations by spark erosion
236	Abwasserreinigung	Làm sạch nước thải	Waste water decontamination
225	Acetylengas	Khí axetylene C2H2 (khí đá, khí đất đèn)	Acetylene gas
226	Acetylen-Sauerstoff-Flamme	Lửa từ hỗn hợp khí axetylene và Oxy	Oxyacetylene flame
404	Achsen	Láp, cốt/Trục	Axles
311	Acrylglas PMMA	Kính bằng chất dẻo acylic PMMA (polymethylmethacrylate)	PMMA (polymethylmethacrylate) acrylic glass
41	Allgemeintoleranzen	Dung sai tổng/Dung sai thông thường, dung sai mặc định	General tolerances
268	Aluminium	Nhôm	Aluminium
255	Aluminium, Legierungselement	Nhôm, thành phần hợp kim	Aluminium as alloying element
268	Aluminiumlegierungen	Hợp kim nhôm	Aluminium alloys
552	Ampere	Ampere, đơn vị cường độ dòng điện [A]	Ampere
465	Analoges Signal	Tín hiệu tương tự, tín hiệu analog/Tín hiệu liên tục	Analogue signal
282	Anlassen beim Härten	Ram trong lúc tôi (trui)/trong quá trình tăng độ bền	Tempering in hardening
419	Anlasssteuerung bei Motoren	Điều khiển khởi động động cơ	Starting control of motors
409	Anlaufkupplung	Khớp nối ly tâm, bộ ly hợp khởi động	Start-up coupling
232, 306	Anodisieren	Sự xử lý anot, sự oxy hóa anot	Anodizing
513	Anschlussplan	Sơ đồ đấu dây/Sơ đồ nối kết	Connecting diagram
561	ANSI-Code	Mã ANSI (Tiêu chuẩn quốc gia Hoa Kỳ)	ANSI code
430	Antriebe für geradlinige Bewegungen	Truyền động thẳng/Dẫn động, truyền động cho chuyển động thẳng	Drive elements for linear movements
421	Antriebe von Werkzeugmaschinen	Dẫn động, truyền động của máy công cụ	Drive elements for machine tools
359	Antriebseinheiten	Đơn vị truyền động, các bộ phận truyền/dẫn động	Drive units
465	Antriebsglieder in einer Steuerung	Bộ phận dẫn động trong điều khiển	Actuators in a control unit
515	Anweisungsliste AWL	Ngôn ngữ lập trình AWL cho điều khiển lôgic lập trình (PLC)	Statement list AWL
565	Anwendersoftware	Phần mềm ứng dụng	Application software
419	Anzugsmoment bei Elektromotoren	Mômen kéo trong động cơ điện	Starting torque of electric motors
331	Arbeit, Definition	Công, định nghĩa	Work, definition
575	Arbeit, elektrische	Công (trong điện học)	Work, electric
360	Arbeitseinheiten	Đơn vị làm việc/gia công	Work units
334	Arbeitsmaschine	Máy làm việc, máy công tác	Work machines
201	Arbeitsplan	Kế hoạch làm việc, kế hoạch gia công, kế hoạch thi công Thời khóa biểu làm việc	Production sheet
179, 182	Arbeitsplanung beim Schleifen	Kế hoạch làm việc trong mài/Biểu quy trình mài	Work scheduling in grinding
568	Arbeitsschutz am Computer	Bảo hộ lao động bên máy tính	Labour protection at computer workplaces
82	Arbeitssicherheit	Sự an toàn lao động	Safety at work
560	Arbeitsspeicher eines Rechners	Bộ nhớ làm việc/Bộ nhớ truy xuất (truy cập) ngẫu nhiên (RAM) của máy tính	Main memory of a computer (RAM)
152	Arbeitsspindel einer Drehmaschine	Trục chính ụ trước, trục quay chính của máy tiện Trục làm việc	Work spindle of a lathe
212	Arbeitstemperatur beim Löten	Nhiệt độ hàn vảy	Working temperature for soldering
561	ASCII-Code	Mã ASCII (Tiêu chuẩn chuyển đổi thông tin của Hoa Kỳ)	ASCII code
418	Asynchronmotoren	Động cơ không đồng bộ	Asynchronous motors
422	Asynchron-Servomotoren	Động cơ servo không đồng bộ	Asynchronous servomotors
79	Auditieren	Kiểm toán/Đánh giá	Audit
139	Aufbauschneide	Biên tích tụ/Lẹo dao, lưỡi cắt tái lập, cấu thành lấy phoi lúc cắt gọt	Built-up edge
481	Aufbereitungseinheit	Đơn vị chuẩn bị/Bộ phận xử lý	Conditioning unit
127	Aufbohren	Khoan khoét, khoan lớn lỗ khoan mồi	Boring
287	Aufkohlen	Thấm than, thấm carbon	Carburizing
232	Auftragsschweißen	Hàn vá, hàn đắp	Build-up welding
465	Ausgangssignale	Tín hiệu đầu ra	Output signals
269	Aushärten von Al-Legierungen	Tôi (trui) (ly khai) hợp kim nhôm/Tôi (trui) hợp kim nhôm	Age-hardening of aluminium alloys
519	Ausschaltverzögerung (SPS)	Độ trễ cắt (điều khiển lôgic lập trình)/Độ trễ ngắt	OFF delay (PLC)
279	Austenit	Austenit, thép trạng thái gamma (thép có dạng tinh thể lập phương diện tâm)	Austenite

108	Autogenes Brennschneiden	Cắt bằng ngọn lửa, cắt gió đá	Flame cutting
225	Autogenschweißen	Hàn gió đá, hàn bằng oxyacetylen/Hàn bằng ngọn lửa	Oxyacetylene welding
265	Automatenstähle	Thép da láng, thép chuẩn hóa/Thép dùng trong máy công cụ tự động	Free-cutting steels
454	Automatisierung der Fertigung	Tự động hóa sản xuất/chế tạo	Automation of manufacture
458	Automatisierungstechnik	Kỹ thuật tự động hóa	Automation technology
551	AV-Programmierung (NC)	Lập trình cho việc chuẩn bị sản xuất (NC) (AV=Arbeitsvorbereitung: chuẩn bị sản xuất)/Lập trình cho kế hoạch sản xuất (NC)	Programming in production planning (NC)
497	Axialkolbenpumpe	Máy bơm pittông dọc trục/Máy bơm ống thục	Axial piston pump
547	Bahnkorrektur	Hiệu chỉnh đường đi	Path correction (NC)
529	Bahnsteuerung	Điều khiển đường đi/Điều khiển quỹ đạo	Path control
121	Bandsägemaschinen	Máy cưa vòng, máy cưa dây	Band saws
480	Bar (Druckeinheit)	Bar (đơn vị áp suất)	Bar (unit of pressure)
357	Baueinheiten von Maschinen	Các bộ phận cấu thành của máy	Machine components
198	Baukastenvorrichtung	(Hệ thống) gá lắp theo mô đun/Gá lắp theo khối kết cấu	Modular construction system for jigs and fixtures
300	Baumann-Abdruck	Phương pháp hiện vết (lưu huỳnh hay phốt pho) theo Baumann	Sulphur print
265	Baustähle	Thép xây dựng, thép kết cấu/Thép chế tạo	Structural steels
299	Bauteil-Betriebslasten-Prüfung	Kiểm tra tải trọng vận hành (làm việc) của cấu kiện Kiểm tra thành phần máy với tải vận hành	Component working load test
242, 456	Beanspruchungsarten	Các loại ứng lực, ứng suất/Các loại tải trọng	Load types
349	Bearbeitungszentren	Trung tâm gia công	Machining centres
537	Bearbeitungszyklen	Chu trình gia công	Machining cycles
208	Befestigungselemente	Cơ phận gắn chặt, cơ phận kẹp chặt	Fasteners
366	Befestigungsgewinde	Ren siết chặt	Fastening screw threads
376	Befestigungsstifte	Chốt gắn chặt, chốt khóa chặt	Fastening pins
255	Begleitelemente des Stahls	Những chất đi kèm trong thép/Nguyên tố kèm, nguyên tố tạp trong thép	Accompanying elements of steel
456	Belastungsarten	Các loại tải trọng	Kinds of load
253	Beruhigt vergossener Stahl	Thép đúc (đã) ổn định	Killed steel casting
577	Berührungsspannung	Điện áp tiếp xúc	Contact voltage
116	Beschichten, Hartmetalle	Tráng (phủ) cho hợp kim cứng/Tráng với hợp kim cứng	Coating of hard metals
230	Beschichten, Verfahrensübersicht	Tráng (phủ), khái quát các phương pháp/Phủ lớp	Coating, general survey of methods
484	Betätigungsarten von Wegeventilen	Các kiểu kích hoạt của van dẫn hướng	Actuation types of directional control valves
564	Betriebssystem	Hệ điều hành	Operating system (OS)
152	Bettschlitten	Bệ xa dao, bàn xa dao/Bàn trượt, bàn dao, xe dao	Saddle
366	Bewegungsgewinde	Ren chuyển động thẳng/Ren biến chuyển động tròn thành chuyển động thẳng	Motion-transmitting screw threads
512	Bezugspunkte (NC)	Điểm chuẩn (NC), điểm quy chiếu	Reference points (NC)
94	Biegeradius	Bán kính uốn	Bending radius
93	Biegeumformen	Biến dạng bằng uốn	Bend forming
95	Biegeverfahren	Các phương pháp biến dạng bằng uốn/bẻ	Bend-forming methods
290	Biegeversuch	Thí nghiệm uốn	Bending test
562	Bildschirm	Màn hình	Screen
326	Bimetalle	Lưỡng kim/Kim loại kép	Bimetals
466	Binäre Signale	Tín hiệu nhị phân	Binary signals
561	Bit	Bít (đơn vị nhỏ nhất của dữ liệu)	Bit
499	Blasenspeicher	Bình chứa thủy lực kiểu bong bóng	Bladder accumulator
221	Blaswirkung beim Elektroschweißen	Ảnh hưởng của thổi gió trong hàn điện	Blowing effect in electric welding
266	Bleche	Thép lá, thép tấm/Vật liệu cán mỏng	Sheet metals
369	Blechschrauben	Vít tạo ren cho thép lá/Vít siết tôn	Tapping screws
379	Blindniete	Ri vê rút/Đinh tán chìm	Blind rivet
254	Blockguss	Đúc khối, đúc thỏi	Ingotting
461	Blockschaltplan	Biểu đồ khối	Block diagram
406	Bogenzahnkupplung	Bộ ly hợp răng đường cung (vòm cung), khớp bánh răng cong	Curved teeth coupling
122	Bohren	Khoan	Drilling
126	Bohrprobleme	Các vấn đề của khoan	Drilling problems
369	Bohrschrauben	Ốc khoan	Drilling screws
198	Bohrungssystem bei Baukastenvorrichtungen	Hệ thống lỗ khoan trong hệ máy môđun	Bore-type modular construction system for jigs and fixtures
127	Bohrwerkzeuge	Các dụng cụ khoan	Drills
548	Bohrzyklus (NC)	Chu trình khoan (NC)	Drilling cycle (NC)
404	Bolzen	Bulông (bù long)/Trục xoay, chốt, trục vít, trụ đỡ, trục nối	Bolt
565	Branchensoftware	Phần mềm chuyên ngành	Vertical market software
411	Breitkeilriemen	Dây đai V rộng bản, đai hình thang bản rộng, curoa hình chữ V rộng, đai thang hình V rộng, dây đai hình thang rộng bản	Wide V-belt
429	Breitkeilriemengetriebe	Truyền động đai thang hình V rộng bản Dây đai hình thang rộng bản dẫn động	Wide V-belt drive
385	Brennpunkt von Schmierstoffen	Điểm/nhiệt độ cháy của chất bôi trơn	Burning point of lubricants
111	Brennschneidemaschinen	Máy cắt bằng ngọn lửa với hơi hàn (axetylene)	Flame cutting machines
108	Brennschneiden, autogenes	Cắt bằng lửa với khí axetylene/hơi hàn, cắt bằng đèn xì oxy, cắt gió đá	Flame cutting with oxyacetylene
295	Brinellhärte	Chỉ số độ cứng Brinell	Brinell hardness
243, 292	Bruchdehnung	Độ giãn ở điểm gãy, độ (giới hạn) bền uốn, độ bền đứt, giới hạn bền kéo	Elongation after fracture
305	Brünieren	Nhuộm đen/Tráng (phủ) một lớp ôxit bảo vệ màu nâu đậm lên cơ phận	Blackening
128	BTA-Tiefbohrverfahren	Phương pháp khoan sâu BTA (Boring and Trepanning Association)	BTA deep drilling

228	Buckelschweißen	Hàn nổi	Projection welding
121	Bügelsägemaschinen	Máy cưa cần/Máy cưa hình cung	Hack sawing machines
560	Bussystem	Hệ thống bus, hệ thống đường truyền	Bus system
561	Byte	Đơn vị đo dữ liệu 1 byte=8 bit	Byte
560	Cache-Speicher	Bộ nhớ đệm nhanh/Bộ nhớ truy cập nhanh	Cache memory
566	CAD	Thiết kế với sự hỗ trợ của máy tính (CAD=Computer Added Design)	Computer aided design (CAD)
34	CCD-Kamera	Máy ảnh với CCD (Charge Coupled Device = Dụng cụ ghép điện tích)	CCD camera
563	CD	Đĩa compact	compact disk (CD)
115	Cermets	Hợp kim cứng cermet (titan carbid)	Cermets
560	Chipsatz	Bộ chíp	Chip set
234	Chlorierte Kohlenwasserstoffe	CKW (Hydro Carbon (CxHy) có chứa Chlor)	Chlorinated hydrocarbons
255	Chrom, Legierungselement	Crôm, thành phần trong hợp kim	Chromium as alloying element
305	Chromatieren	Crôm hóa/Bọc crômát	Chromating
153	CNC-Drehmaschinen	Máy tiện CNC	CNC lathes
523	CNC-Steuerungen	Điều khiển số bằng máy tính	Computerized numerical control
523	CNC-Steuerungen, Bedienfeld	Điều khiển số bằng máy tính/Bảng điều khiển (trong điều khiển số máy tính)	CNC units, control panel
526	CNC-Steuerungen, Dateneingabe	Điều khiển số bằng máy tính, nhập liệu	CNC units, data input
532	CNC-Steuerungen, Programmaufbau	Điều khiển số bằng máy tính, xây dựng (bố trí) chương trình	CNC units, program structure
255	Cobalt, Legierungselement	Cobalt, thành phần hợp kim	Cobalt as alloying element
568	Computer, Arbeitsschutz am	Máy tính, bảo hộ lao động	Computer, labour protection at the
558	Computer, Arbeitsweise	Cách vận hành của máy tính	Computer, operating principle
559	Computer, Bauformen	Các loại máy tính	Computer, types
558	Computertechnik	Kỹ thuật máy tính	Computer technology
577	Computertechnik, wirtschaftliche Auswirkungen	Kỹ thuật máy tính, ảnh hưởng kinh tế	Computer technology, economic effects
564	Computerviren	Virus máy tính	Computer viruses
310	Copolymerisate	Copolyme, chất đồng trùng hợp	Copolymers
559	CPU	CPU (bộ xử lý trung tâm)	central processing unit (CPU)
233	CVD-Beschichten	Phương pháp kết tủa hơi để tạo màng kim loại	chemical vapor deposition (CVD)
463	D-Anteil eines Reglers	Phần vi phân của bộ điều chỉnh	Differential component of a controller
565	Datenbank	Ngân hàng dữ liệu	Database
568	Datenschutz	Bảo vệ dữ liệu	Privacy protection
562	Datenträger	Thiết bị lưu trữ dữ liệu	Data carrier
337	Datenverarbeitungsanlagen	Hệ thống xử lý dữ liệu (cách gọi khác của máy tính)/Máy tính	Data processing units
298	Dauerbruch	Vết nứt mỏi, sự gãy vỡ do mỏi/Sự gãy mỏi	Fatigue fracture
348	Dauerfestigkeit	Độ bền mỏi	Fatigue strength
298	Dauerfestigkeitsprüfung	Kiểm định độ bền mỏi/Kiểm tra độ bền mỏi	Fatigue limit test
298	Dauerschwingversuch	Thử nghiệm mỏi qua rung	Endurance fatigue test
243	Dehnbarkeit	Độ giãn, tính đàn hồi/Sức căng (có thể kéo dài, có thể mở rộng được)	Ductility
292, 457	Dehngrenze	Giới hạn độ dãn/Giới hạn chảy, giới hạn đàn hồi, ứng suất thử kéo	Permanent elongation limit
369	Dehnschrauben	Bu lông (vít) đàn hồi	Expansion bolts
243, 290	Dehnung	Độ giãn, độ căng (khi kéo)	Elongation, strain
253	Desoxidation des Stahls	Khử oxy cho thép	Deoxidation of steel
551	Dialogsteuerungen	Điều khiển tương tác	Interactive operator-process control
116	Diamant als Schneidstoff	Kim cương (vật liệu cắt)/Vật liệu cắt bằng kim cương	Diamond as cutting material
241, 334	Dichte	Tỷ trọng, Mật độ	Density
399	Dichtungen	Phớt, Roăng (joint)/Vòng đệm, vòng bít, bạc kín	Sealings
190	Dielektrikum beim Abtragen	Điện môi trong ăn mòn	Dielectrics in removal operations
31	Differenzmessung	Đo độ sai biệt, đo vi sai	Differential measuring
280	Diffusionsglühen	Ủ khuyếch tán, ram khuyếch tán/Nung lâu ở nhiệt độ cao	Homogenizing anneal
466	Digitales Signal	Tín hiệu số	Digital signal
421	Direktantriebe	Truyền động trực tiếp	Direct drives
288	Direkthärten	Tôi trực tiếp	Direct hardening
563	Disketten	Đĩa mềm	Floppy disks
562	Diskettenlaufwerk	Ổ đĩa mềm	Floppy-disk drive
523	DNC	Điều khiển kỹ thuật số trực tiếp (Direct Numerical Control)	Digital numerical control (DNC)
222	Drahtelektroden	Điện cực dây	Wire electrodes
192	Drahterodieren	Ăn mòn bằng điện cực dây/Cắt bằng dây điện	Wire spark eroding
463	D-Regler	Bộ hiệu chỉnh D/Bộ điều chỉnh theo đạo hàm	Digital controller
150	Drehdorn	Trục gá tiện/Trục gá tiện, trục tâm, nhông trục	Lathe arbor
145	Drehen, Kräfte	Các lực (trong tiện)	Turning, forces
145	Drehen, Leistung	Công suất (trong tiện)	Turning, capacity
145	Drehen, Schnittkraft	Lực cắt (trong tiện)	Turning, cutting forces
147	Drehen, Spanarten	Các kiểu kẹp phôi (trong tiện)	Turning, chip types
135	Drehen, Spanungsgrößen	Các thông số (đại lượng) trong tiện Các thông số gia công, các thông số cắt gọt (trong phương pháp tiện)	Turning, cutting parameters
145	Drehen, Spanungsquerschnitt	Tiết diện cắt (trong tiện)	Turning, diameter of cut
134	Drehen, Verfahren	Các phương pháp (trong tiện)	Turning, techniques
144	Drehen, Vorschub	Bước tiến (trong tiện)/Bước dẫn tiến trong tiện	Turning, feed
143	Drehen, Wahl der Schnittdaten	Lựa chọn các dữ liệu cắt (trong tiện)	Turning, selection of cutting data
141	Drehen, Werkzeughalter	Đài dao (trong tiện)/Giá giữ dụng cụ, giá đỡ dụng cụ	Turning, tool holder
418	Drehfeld bei Elektromotoren	Trường quay trong động cơ điện/Trường ba pha trong động cơ điện	Rotating field of electric motors
153	Drehmaschinen mit numerischer Steuerung	Máy tiện với điều khiển số/ Máy tiện điều khiển bằng chương trình số	Lathes with numerical control

151	Drehmaschinen, Bauarten und Baugruppen	Máy tiện, các loại và thành phần/ Máy tiện, các loại và cụm lắp ráp	Lathes, types and components
149	Drehmaschinenfutter	Mâm cặp của máy tiện	Lathe chucks
401	Drehstabfedern	Lò xo xoắn dạng thanh	Torsion-bar springs
574	Drehstrom	Dòng điện ba pha	Three-phase current
418	Drehstrom-Asynchronmotoren	Động cơ không đồng bộ ba pha	Three-phase asynchronous motors
420	Drehstrom-Synchronmotoren	Động cơ đồng bộ ba pha	Three-phase synchronous motors
134	Drehverfahren	Phương pháp tiện	Turning techniques
141	Drehwerkzeuge	Các dụng cụ tiện/Dao tiện	Turning tools
135	Drehwerkzeuge, Schneidengeometrie	Dụng cụ tiện, hình học dao cắt	Turning tools, edge geometry
149	Drehwerkzeuge, Spannen	Các dụng cụ tiện, kẹp	Turning tools, clamping
201	Drehzahl-Diagramm	Sơ đồ số vòng quay, giản đồ số vòng quay	Revolution diagram
464	Drehzahlregelung eines Hydromotors	Điều chỉnh vòng quay của động cơ thủy lực	Speed control of a hydraulic motor
143	Drehzahlschaubild beim Drehen	Biểu đồ vòng quay trong tiện	Revolution diagrm for turning operations
422	Drehzahlsteuerung bei Drehstrommotoren	Điều khiển vòng quay của động cơ điện ba pha	Speed control of three-phase motors
149	Dreibackenfutter	Mâm cặp ba chấu/ba vấu, mâm cặp ba hàm	Three-jaw chuck
193	Dreipunktauflage bei Vorrichtungen	Gá ba điểm tựa/Gá lắp ba điểm chuẩn, giá ba điểm	Three-point support in jigs and fixtures
486	Drosselrückschlagventile	Van tiết lưu một chiều	One-way flow control valves
486, 501	Drosselventile	Van tiết lưu	Throttle valves
480	Druck	Áp suất, áp lực, nén	Pressure
487	Druckbegrenzungsventil	Van giảm áp, van an toàn/Van giới hạn áp suất	Pressure relief valves
98	Drücken	Ép	Metal-spinning
293	Druckfestigkeit	Độ bền nén	Compression strength
225	Druckgasflaschen	Bình khí nén	Compressed-gas cylinders
90	Druckgießen	Đúc áp lực, đúc ép	Die casting
382	Druckhülsen	Ống siết ép	Clamping sleeves
480	Druckluft	Khí nén	Compressed air
481	Druckluft, Verteilung	Phân phối khí nén	Compressed air supply
479	Druckluftaufbereitung	Chuẩn bị khí nén/Xử lý khí nén	Compressed air conditioning
479	Druckluftbehälter	Bình khí nén	Compressed air reservoir
481	Druckluftfilter	Bộ lọc khí nén	Compressed air filter
483	Druckluftmotoren	Động cơ khí nén	Compressed air motors
481	Druckluftöler	Bơm dầu cho khí nén/Thoa dầu bằng khí nén	Compressed air lubricator
333	Druckluftschrauber	Đầu bắn hơi vặn, tháo vít/Máy vặn vít dùng khí nén	Compressed air screw driver
481	Druckluftzylinder	Xilanh khí nén	Pneumatic cylinders
225	Druckminderer	Bộ phận giảm áp	Pressure reducer
487	Druckregelventile	Van điều chỉnh áp suất	Pressure control valve
501	Druckschaltventile	Van điều khiển trình tự bằng áp suất Van chuyển mạch áp suất, van điều khiển áp suất	Pressure sequence valves
150	Druckspannzangen	Ống kẹp đẩy/Kẹp rút đàn hồi đẩy	Push-in collet chucks
100	Druckumformen	Biến dạng bằng nén/Định hình bằng nén	Compression-forming
501	Druckventile	Van áp suất	Pressure valves
293	Druckversuch	Thí nghiệm áp suất/Sự thử nén, thử nghiệm ép	Compression test
256	Duplex-Verfahren	Gia công kép, quá trình kép, phương pháp song công Phương pháp đôi	Duplex process
323, 325	Durchdringungs-Verbund	Hỗn hợp thấm	Infiltration composites
101	Durchdrücken	Sự đẩy ra, ép ra/Lói ra	Extrusion
498	Durchflussgeschwindigkeit	Tốc độ dòng chảy/Tốc độ lưu lượng	Flow rate
409	Durchrastkupplung	Bộ nối từng nấc, bộ ly hợp từng nấc	Dwell-mechanism clutch
379	Durchsetzfügen	Nối xuyên	Joining by penetration
98	Durchziehen	Kéo ép, kéo áp lực	Die-drawing
309, 312	Duroplaste	Chất dẻo nhiệt rắn, nhựa phản ứng nóng	Thermosetting plastics (TSP)
563	DVD	Đĩa DVD, đĩa hình	Digital versatile disk (DVD)
529	Ebenenauswahl (NC)	Lựa chọn mặt phẳng gia công	Plane selection (NC)
60	Ebenheitsprüfung	Kiểm tra độ phẳng	Checking of surface evenness
135	Eckenradius	Bán kính mũi/Bán kính góc (đã đẽo, gọt)	Corner radius
272	Edelmetalle	Kim loại quý	Precious metals
264	Edelstähle	Thép tinh luyện, thép chất lượng cao/Thép không gỉ, thép cao cấp	Special steels
244	Eigenschaften, chemisch-technologische	Tính chất, hóa-kỹ thuật Tính kỹ thuật hóa	Properties, chemico-technological
244	Eigenschaften, fertigungstechnische	Tính chất, kỹ thuật chế tạo Đặc điểm, kỹ thuật gia công	Properties, manufacturing
242	Eigenschaften, mechanisch-technologische	Tính chất trong cơ-kỹ thuật Tính kỹ thuật cơ	Properties, mechanical-technological
241	Eigenschaften, physikalische	Tính chất, vật lý/Lý tính	Properties, physical
299	Eindringverfahren	Thử nghiệm vật liệu bằng phương pháp thấm qua chỗ bị lỗi	Penetration methods of testing
101	Eindrücken	Ép nong/Tạo hình bằng cách nhấn vào	Indent-forming
465	Eingangssignal	Tín hiệu đầu vào	Input signal
321	Eingießen	Đúc có chi tiết chèn vào khuôn trước đó/Đúc với chi tiết tháp vào	Embedding
283	Einhärtungstiefe	Bề dày lớp trui cứng	Hardness penetration depth

55	Einheitsbohrung	Lỗ cơ bản	Basic hole
56	Einheitswelle	Trục cơ bản	Basic shaft
128	Einlippen-Bohrverfahren	Phương pháp khoan với lưỡi khoan một me	Single-lip drilling
287	Einsatzhärten	Tôi thấm than/Sự thấm carbon bề mặt, sự thấm than, sự tăng bền bề mặt qua thấm than	Case-hardening
265	Einsatzstähle	Thép thấm than/Thép thấm carbon, thép xementit hóa	Case hardening steels
408	Einscheibenkupplung	Bộ nối đĩa đơn, bộ ly hợp đĩa đơn	Single-disk clutch
503	Einschraubverschraubungen	Ốc liên hợp, bộ nối bằng ốc/Ốc gắn để nối ống	Screwed-in joint
101	Einsenken	Ép nong, tạo ren không phoi	Hobbing
147	Einstechdrehen	Sự tiện rãnh/Tiện chích rãnh	Recessing
136	Einstellwinkel beim Drehen	Góc nghiêng chính, góc cắt được chỉnh khi tiện/Chỉnh góc cắt khi tiện	Cutting-edge angle in turning operations
147	Einstiche, Drehen	Rãnh cắt (trong tiện)/Rãnh chìm, rãnh chích, rãnh chìm cổ trục	Recess turning
106	Einverfahrenwerkzeug	Dụng cụ đơn tác, dụng cụ một ứng dụng	Single-operation tool
256	Eisen-Gusswerkstoffe	Phôi liệu đúc gang	Iron casting alloys
259	Eisen-Gusswerkstoffe, C-Gehalt	Phôi liệu đúc gang, hàm lượng carbon	Iron casting alloys, carbon content
256	Eisen-Gusswerkstoffe, Erschmelzen	Vật liệu bằng gang, nung, nấu gang/Nung chảy gang sắt	Iron casting alloys, melting
263	Eisen-Gusswerkstoffe, Normung	Vật liệu bằng gang, tiêu chuẩn/Chuẩn gang sắt	Iron casting alloys, standardization
292, 315	Elastizitätsmodul	Môđun đàn hồi/Đàn suất (tiêu suất đàn hồi)	Young's modulus of elasticity
309, 313	Elastomere	Chất đàn hồi/Cao su hóa học	Elastomers
575	Elektrische Arbeit	Công điện	Electric work
569	Elektrische Ladung	Điện tích [C]	Electric charge
575	Elektrische Leistung	Công suất điện	Electrical power
241	Elektrische Leitfähigkeit	Độ dẫn điện /Khả năng dẫn điện	Electric conductivity
569, 577	Elektrische Spannung	Điện áp/Hiệu thế, hiệu số điện thế	Electric voltage
507	Elektrische Steuerungen	Điều khiển bằng điện	Electrical controllers
570, 577	Elektrische Stromstärke	Cường độ dòng điện	Electric current strength
570	Elektrischer Strom	Dòng điện	Electric current
571	Elektrischer Widerstand	Điện trở	Electric resistance
301	Elektrochemische Korrosion	Sự ăn mòn điện-hóa	Electrochemical corrosion
504	Elektrohydraulische Steuerungen	Điều khiển bằng điện-thủy lực	Electrohydraulic controls
332, 417	Elektromotoren	Động cơ điện	Electric motors
300	Elektronenmikroskopisches Bild	Vi ảnh điện tử	Electron-microscopical image
227	Elektronenstrahlschweißen	Hàn bằng tia electron	Electron-beam welding
28, 31	Elektronische Messgeräte	Máy đo điện tử	Electronic measuring devices
491	Elektropneumatische Steuerungen	Điều khiển điện-khí nén	Electropneumatic controls
253	Elektro-Schlacke-Umschmelzverfahren	Phương pháp tinh luyện thép bằng điện, chế biến xỉ thép bằng điện	Electroslag refining
253	Elektrostahl-Verfahren	Phương pháp nung chảy (nấu chảy) thép bằng điện	Electric steel melting
231	Elektrotauchlackieren	Sơn điện di /Sơn điện nhúng, sơn điện chìm	Electrophoretic dip-coating
569	Elektrotechnik	Kỹ thuật điện	Electrical engineering
246	Elementarzelle	Tế bào cơ bản, ô đơn vị	Elementary cell
233?	Eloxieren (=Anodisieren)	Xử lý anot/Anốt hóa, bọc lớp bảo vệ oxit-hóa, oxít-hóa dương cực	Anodizing
233	Emaillieren	Tráng men	Enamelling
117	Emulsionen	Dầu nhũ, dầu emulsi, nhũ tương/Dung dịch emulsi làm nguội	Emulsions
20	Endmaße	Căn mẫu đo, số đo cuối	Gauge blocks
331	Energie	Năng lượng	Energy
359	Energieübertragungseinheiten	Các đơn vị truyền năng lượng/Các bộ phận truyền năng lượng	Power transmission units
234	Entsorgung bei Fertigungsanlagen	Xử lý chất thải trong hệ thống sản xuất	Waste disposal at production installations
236	Entsorgung von Abfällen und Gefahrstoffen	Xử lý chất thải và chất nguy hiểm	Disposal of waste and hazardous substances
312	Epoxidharze EP	Nhựa epôxy	Epoxy resins (EP)
118	EP-Zusätze	Chất phụ gia epôxy/Chất phụ trợ epôxy	Epoxy resin additives
577	Erdschluss	Nối đất/Tiếp đất	Earth fault
568	Ergonomie am Computerarbeitsplatz	Công thái học tại chỗ làm việc máy tính	Ergonomics at computer workplaces
298	Ermüdungsbruch	Sự gãy do mỏi	Fatigue fracture
277	Eutektoider Stahl	Thép otectoit, thép cùng tích	Eutectoid steel
415	Evolventenverzahnung	Cắt răng dạng thân khai/Sự ăn khớp thân khai, sự cắt răng thân khai	Involute gear teeth
502	Exklusiv-ODER	Phép logic OR	Exclusive OR
316	Extrudieren	Sự ép đùn, sự đúc ép	Extrusion
102	Exzenterpresse	Máy ép, dập lệch tâm/Máy dập lệch tâm	Eccentric press
195	Exzenterspanner	Kẹp lệch tâm/Đai kẹp lệch tâm	Eccentric clamp
290	Faltversuch	Thí nghiệm uốn gập	Folding test
300	Faserverlauf in Metallen	Đường đi (luồng, hướng) của thớ (dòng, mạch) trong kim loại Hướng của sợi trong kim loại	Fiber orientation in metals
401	Federn	Lò xo	Springs
577	Fehler an elektrischen Anlagen	Lỗi trong thiết bị điện	Faults at electrical equipment
64	Fehlersammelkarte	Phiếu tổng hợp các lỗi/Phiếu kiểm tra lỗi	Inspection chart
578	Fehlerstrom-Schutzschalter	Công tắc bảo vệ rò điện	Fault-current circuit breaker
183	Feinbearbeitung	Gia công chính xác/Gia công tinh, hoàn thiện	Fine machining
266	Feinbleche	Thép tấm loại mỏng/Thép tinh mỏng	Thin sheet metal

127	Feinbohrkopf	Đầu khoan chính xác	Fine-boring head
89	Feingießen	Đúc chính xác/Đúc tinh	Investment casting
265	Feinkornbaustähle	Thép hạt mịn/Thép chế tạo hạt mịn	Fine-grain structural steels
114	Feinkornhartmetalle	Hợp kim cứng hạt mịn	Fine-grained hard metals
188	Feinschleifen	Mài chính xác/Mài mịn, mài tinh	Precision-grinding
107	Feinschneidwerkzeug	Dụng cụ cắt chính xác	Fine-blanking tool
28	Feinzeiger	Đồng hồ đo chính xác/Calip mặt số chính xác	Precision dial gauge
277	Ferrit	Ferit hợp kim/Ferit (hợp kim sắt pha nickel, kẻm, mangan, có từ tính)	Ferrite
338	Fertigungsanlagen	Hệ thống sản xuất/Hệ thống dây chuyền sản xuất	Manufacturing installations
203	Fertigungskosten, Einsparung	Chi phí sản xuất, kinh tế (tiết kiệm)	Manufacturing costs, economies
84	Fertigungsverfahren, Gliederung	Các kỹ thuật sản xuất, phân loại	Manufacturing techniques, classification
456	Festigkeit	Độ bền	Strength
371	Festigkeitsklassen für Schrauben und Muttern	Cấp độ bền của ốc và đai ốc	Property classes of bolts and nuts
384	Festkörperreibung	Ma sát (của) chất rắn	Dry friction
563	Festplatten	Đĩa cứng	Hard disks
562	Festplattenlaufwerk	Ổ đĩa cứng	Hard-disk dirver
474	Festwertregelung	Sự điều chỉnh với giá trị cố định/Sự điều chỉnh với giá trị định trước	Fixed-value control
560	Festwertspeicher	Bộ nhớ không xóa được, bộ nhớ chỉ đọc (ROM)	Read-only memory (ROM)
306	Feuerverzinken	Mạ kẽm nóng	Hot-dip galvanizing
410	Flachriemen	Đai dẹt, đai phẳng/Dây trân bằng	Flat belt
177	Flachschleifen	Mài phẳng	Flat grinding
131	Flachsenker	Lưỡi lã phẳng, mũi khỏa mặt đầu/Mũi lã mặt đầu, mũi xén đầu rót	Piloted countersink
194	Flachspanner	Mâm kẹp dẹt	Flat workpiece fixtures
287	Flammhärten	Tôi bằng lửa nung/Tôi bằng ngọn lửa	Flame hardening
214	Flammlöten	Hàn vảy bằng lửa	Flame-soldering
385	Flammpunkt bei Schmierstoffen	Điểm cháy của chất bôi trơn (dầu)	Flash point of lubricants
366	Flankendurchmesser bei Gewinden	Đường kính ren trung bình, đường kính nguyên bản/Đường kính sườn ren, đường kính hông ren, đường kính vòng chia, đường kính cạnh ren	Pitch diameters of screw threads
347	Flexible Fertigungseinrichtungen	Thiết bị sản xuất linh hoạt	Flexible manufacturing equipment
385	Fließgrenze bei Schmierstoffen	Giới hạn chảy, giới hạn rão, giới hạn lỏng của chất bôi trơn Điểm chảy dẻo của chất bôi trơn (dầu)	Yield point of lubricants
101	Fließpressen	Ép chảy giãn	Power-press extrusion
137	Fließspäne	Phoi liền, phoi dây/Phoi dây liên tục	Continuous chips
370	Flügelmuttern	Ốc cánh chuồn/Đai ốc tai hồng (đai ốc có cánh vặn), đai ốc đầu khía nhám	Butterfly nuts
497	Flügelzellenpumpe	Máy bơm cánh quạt/Bơm lá sách, bơm lá bài	Vane-cell pump
299	Fluoreszenzverfahren	Phương pháp kiểm tra vết nứt bằng huỳnh quang Phương pháp kiểm tra vết nứt bằng phản xạ thẩm thấu	Fluorescent penetrant testing method
65	Flussdiagramm	Lưu đồ	Flow-chart
385	Flüssigkeitsreibung	Ma sát chất lỏng	Liquid friction
215	Flussmittel	Chất trợ dung, chất trợ dung hàn, chất phụ gia nung chảy	Fluxing agents
461	Folgeregelung	Điều khiển tuần tự, điều khiển nối tiếp (liên tiếp)/Điều khiển trợ động	Cascade control
106	Folgeschneidwerkzeug	Dụng cụ cắt nối tiếp	Progressive cutting tool
107	Folgeverbundwerkzeug	Dụng cụ dập cắt hỗn hợp liên tục	Progressive compound tool
430	Förderband	Băng chuyền	Conveyor belt
335	Fördermittel	Phương tiện vận chuyển	Means of conveyance
563	Formatieren	Định dạng	Formatting
134	Formdrehen	Tiện định hình	Form-turning
86	Formen (Einformen).	Mẫu đúc	Moulding
55	Formmessgeräte	Máy đo hình dạng	Form-measuring instruments
320	Formpressen	Ép tạo hình	Compression moulding
48	Formprüfung	Kiểm định hình dạng	Form checking
364	Formschluss-Verbindungen	Kết nối bằng khớp	Positive joints
48, 53	Formtoleranzen	Dung sai hình dạng	Tolerances of form
86	Formverfahren	Phương pháp tạo hình	Moulding processes
154	Fräsen	Phay	Milling
159	Fräseraufnahmen	Giá đỡ dao phay/côn morse	Milling cutter holders
167, 168	Fräsmaschinen	Máy phay	Milling machines
165	Fräsprobleme	Các vấn đề khi phay	Milling problems
160, 167	Fräsverfahren	Các phương pháp phay	Milling techniques
156, 162	Fräswerkzeuge	Các dụng cụ phay	Milling tools
100	Freiformen	Tạo hình tự do	Free forming
409	Freilaufkupplung	Ly hợp chạy không, khớp ly hợp động cơ tự do, khớp ly hợp một chiều, khớp ly hợp vượt tự do/Ly hợp chạy cầm chừng, Ly hợp chạy tự do	Overrun clutch
112	Freiwinkel	Góc thoát	Clearance angle
248	Fremdatom	Nguyên tử lạ	Foreign atom
9	Frequenz	Tần số	Frequency
422	Frequenzumrichter	Bộ biến tần	Frequency converter
252	Frischen von Stahl	Tinh luyện thép	Refining of steel
151	Frontdrehmaschinen	Máy tiện mặt trước (mặt đầu)/Máy tiện có vị trí mâm ở phía trước	Front-operated lathes
204	Fügen	Kết nối, ghép nối	Jointing
208	Fügen, hydraulisches	Nối, thủy lực	Jointing, hydraulic
207	Fügen, Längseinpressen	Kết nối, ép theo chiều dọc	Jointing, longitudinal press-fit joints
208	Fügen, Schnappverbindungen	Kết nối, kết nối cắm nhanh (mấu nối chụp)/Kết nối cắm, ráp nối vào khớp	Jointing, snap connections

27	Fühlhebelmessgeräte	Dụng cụ đo có đầu dò đòn bẩy	Feeler gauges
396	Führungen	Cơ cấu dẫn hướng, thanh trượt, thanh dẫn hướng	Guiding mechanisms
192	Funkenerosives Schneiden	Gia công định hình bằng tia lửa điện/Cắt bằng tia điện	Spark-erosive cutting
189	Funkenrosives Senken	Khoét lỗ, tiện rãnh trong bằng tia lửa điện	Spark-erosive countersinking
358	Funktionseinheiten bei Maschinen	Đơn vị chức năng của máy	Functional units of machines
384	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	Đơn vị chức năng đỡ và mang/Các khối chức năng tựa và đỡ	Functional units of bearing and support
473	Funktionsgleichung	Phương trình hàm/Phương trình chức năng	function equation
515	Funktionspläne	FUP (Funktionsplan) là một ngôn ngữ sử dụng biểu đồ chức năng để thể hiện các quy trình trong tự động hóa (Điều khiển lôgic lập trình)	Function charts
301	Galvanisches Element	Pin điện, pin ganvanic	Galvanic cell
232, 306	Galvanisieren	Mạ điện	Electroplating
361	Gangzahl bei Gewinden	Số dây ở ren/Số ren, số đầu mối (trục vít), số đường ren	Number of starts of screw threads
225	Gasflaschen	Bình ga	Gas cylinders
225	Gasschmelzschweißen	Hàn hơi, hàn gió đá	Gas welding
82	Gebotszeichen	Dấu hiệu bắt buộc	Mandatory signs
236	Gefahrstoffe	Chất nguy hiểm	Hazardous substances
277	Gefüge der Eisenwerkstoffe	Cấu trúc của hợp kim sắt	Microstructure of ferrous materials
249	Gefügearten	Các dạng, loại cấu trúc (hạt)/Các dạng cấu trúc kim tương	Structure types
300	Gefügebilder	Ảnh hiển vi, vi ảnh (của cấu trúc)/Ảnh kim tương	Micrographs
153	Gegenspindel	Trục đối /Ụ chịu, ụ chống	Counter spindle
404	Gelenkbolzen	Trục bulông trơn, chốt bi, chốt ngang	Joint pins
412	Gelenkketten	Xích bản lề, xích nối khớp	Articulated chains
406	Gelenkkupplung	Khớp các đăng, khớp nối vạn năng	Joint coupling
404, 406	Gelenkwellen	Trục khớp nối vạn năng, trục khớp nối các đăng	Universal joint shafts
534	Geradeninterpolation (NC)	Phép nội suy tuyến tính	Linear interpolation (NC)
50	Geradheitsprüfung	Kiểm tra độ thẳng	Checking of straightness
106	Gesamtschneidwerkzeug	Dụng cụ cắt đa cấp	Compound cutting tool
100	Gesenkschmieden	Rèn dập	Die forging
299	Gestaltfestigkeit	Độ bền mỏi phụ thuộc hình dạng	Fatigue strength depending on shape
93	Gestreckte Länge beim Biegen	Độ dài thực trong phương pháp uốn cong	Effective length in bend-forming
245	Gesundheitsgefahren	Những mối nguy hiểm cho sức khỏe	Health hazards
424	Getriebe	Bộ truyền động, bộ dẫn động, cơ cấu truyền động, hộp số Tổ hợp truyền động bánh răng	Gear
427	Getriebe, nichtschaltbar	Hộp số cố định	Permanent gear
426	Getriebe, schaltbar	Hộp số sang tay/Hộp số sang được	Shiftable gear
427	Getriebemotor	Động cơ có hộp số/Động cơ có bộ bánh răng thay đổi tốc độ	Geared motor
331	Gewichtskraft	Trọng lượng	Weight
336	Gewinde	Ren	Screw threads
130	Gewindebohren	Khoan cắt ren trong/Ven răng	Screw thread tapping
146	Gewindedrehen	Tiện ren	Screw thread cutting
321, 370	Gewindeeinsätze	Ren ghép	Screw thread inserts
130	Gewindeformen	Tạo dạng ren/Tạo ren không phoi, ép ren	Screw threading
367	Gewindeprofile	Các dạng ren	Screw thread profiles
58	Gewindeprüfung	Kiểm tra ren	Checking of screw threads
130	Gewindeschneidapparat	Thiết bị cắt ren	Screw thread cutting device
369	Gewindestifte	Đinh vít, chốt có ren, chốt có răng/Vít không đầu	Grub screws
532	G-Funktionen (NC)	Chức năng G bao gồm các lệnh điều khiển chức năng hình học trong NC	G-functions (NC)
244	Gießbarkeit	Khả năng đúc được	Castability
86	Gießen	Đúc	Casting
245	Giftigkeit	Tính độc	Toxicity
324	Glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK)	Chất dẻo được gia cố bằng sợi thủy tinh	Fibreglass reinforced plastics (FRP)
574	Gleichstrom	Điện một chiều	Direct current (DC)
420	Gleichstrommotoren	Động cơ điện một chiều	DC motors
223	Gleichstromschweißen	Hàn điện một chiều	DC welding
397	Gleitführungen	Dẫn hướng bằng trượt	Slideway guides
387	Gleitlager	Bợ trục bạc trượt, ổ trượt, ổ bạc lót/Bạc trượt, bợ trượt	Plain bearing
385	Gleitreibung	Ma sát trượt	Sliding friction
388	Gleitwerkstoffe	Vật liệu bạc lót	Plain bearing materials
412	Gliederketten	Dây xích, mắt xích/Dây đai xích, dây sên	Link chains
280	Glühen	Nung, ram/Nung ủ	Annealing
476	GRAFCET	Ngôn ngữ dạng biểu đồ mô tả việc điều khiển các tiến trình (trong tự động hóa)	GRAFCET
562	Grafikbildschirm	Màn hình đồ họa	Graphical display screen
277	Grafitlamellen	Graphit tấm	Flake graphite
40	Grenzmaße bei Toleranzen	Kích thước giới hạn của dung sai	Limit dimensions of tolerances
457	Grenzspannung	Ứng suất giới hạn	Limits of stress
467	Grenztaster	Công tắc giới hạn	Limit switches
266	Grobbleche	Thép lá thô	Heavy plates
8	Größen und Einheiten	Đại lượng và đơn vị	quantities and units
42	Grundabmaß einer Toleranz	Sai lệch cơ bản của dung sai	Standard deviations of a tolerance
402	Gummifedern	Lò xo cao su	Rubber springs
258	Gusseisen mit Kugelgrafit	Gang chứa graphit cầu/Gang than tròn	Spheroidal graphite cast iron

257	Gusseisen mit Lamellengrafit	Gang chứa graphit tấm/Gang than lá mỏng	Flake graphite cast iron
257	Gusseisen mit Vermiculargrafit	Gang chứa graphit dạng vân/Gang than bọ	Vermicular graphite cast iron
263	Gusseisen, Bezeichnung	Gang, ký hiệu	Cast iron, identification codes
91	Gussfehler	Khuyết tật đúc	Casting defects
91	Gusswerkstoffe	Vật liệu đúc	Casting alloys
267	Handelsformen der Stähle	Dạng thép thương mại/Dạng thép trên thị trường	Trade types of steels
87	Handformen	Khuôn đúc tay (thủ công)/Làm khuôn bằng tay	Hand moulding
130	Handgewindebohrersatz	Bộ ta rô tay, bộ đồ nghề cắt ren bằng tay/Nhóm lưỡi khoan khoan tay	Hand taps set
339	Handhabungseinrichtungen	Thiết bị xử lý thao tác	Handling equipment
430	Handhabungsgerät	Thiết bị xử lý thao tác, tay máy/Thiết bị xử dụng bằng tay	Handling device
324	Handlaminieren	Phủ (cán) màng bằng tay (thủ công)/Đắp lớp bằng tay, ghép lớp thủ công	Hand laminating
133	Handreibahlen	Lưỡi doa tay	Hand reamer
120	Handsägen	Cưa tay	Hand saws
103	Handscheren	Kéo cắt tay	Hand shears
558	Hardware	Phần cứng	Hardware
428	Harmonic-Drive-Getriebe	Bộ truyền động bánh răng điều hòa	Harmonic drive gear
244	Härtbarkeit	Tính tôi được/Khả năng tôi cứng được (của thép)	Hardenability
148	Hartdrehen	Tiện cứng/Tiện phôi đã tôi cứng	Hard turning
242	Härte	Độ cứng	Hardness
281	Härten	Trui, tôi	Hardening
286	Härten der Randzone	Tôi da cứng ở ngoài	Case hardening
284	Härten der Werkzeugstähle	Tôi thép dụng cụ	Hardening of tool steels
294	Härteprüfungen	Kiểm tra độ cứng	Hardness tests
295	Härteprüfungen nach Brinell	Kiểm tra độ cứng theo Brinell	Brinell hardness tests
294	Härteprüfungen nach Knoop	Kiểm tra độ cứng theo Knoop	Knoop hardness tests
295	Härteprüfungen nach Rockwell	Kiểm tra độ cứng theo Rockwell	Rockwell hardness tests
294	Härteprüfungen nach Vickers	Kiểm tra độ cứng theo Vickers	Vickers hardness tests
297	Härteprüfungen, mobile	Kiểm tra độ cứng bằng thiết bị di động (thiết bị xách tay)	Hardness testers, portable
283	Härterisse	Vết nứt trong quá trình tôi	Hardening cracks
283	Härteverzug	Biến dạng (vênh, cong, méo) trong quá trình tôi	Hardening distortion
326	Hartgewebe Hgw	Tấm vải (dệt) cứng do nhiều lớp được ép vào nhau/Phiến kết cấu cứng	Fabric-base laminates
215	Hartlote	Chất hàn vảy cứng	Brazing solders
213	Hartlöten	Hàn vẩy thau,hàn vẩy cứng	Brazing
125	Hartmetallbohrer	Lưỡi khoan hợp kim cứng	Sintered carbide drills
114, 326	Hartmetalle	Hợp kim cứng	Hard metals
326	Hartpapier	Giấy cứng	Paper-base laminates
421	Hauptspindelantriebe	U đống chính/Truyền động trục chính	Work spindle driving elements
335	Hebezeuge	Các cơ cấu nâng, máy nâng/Thang máy, máy nâng, bàn nâng, ròng rọc, pa lăng, tời, đòn bẩy, con đội	Hoists
239	Hilfsstoffe	Các chất phụ trợ trong quá trình gia công/Phụ liệu	Process materials
66	Histogramm	Histogram, biểu đồ cột, biểu đồ tần suất	Histogram
272	Hoch-, Höchstschmelzende Metalle	Kim loại có độ nóng chảy ở nhiệt độ cao và cao nhất	High and highest-melting metals
196	Hochdruckspindel	Trục quay cao áp	High-pressure spindle
231	Hochdruckspritzen	Phun cao áp	High-pressure spray coating
167	Hochgeschwindigkeitsschleifen	Mài tốc độ cao	High-speed grinding
251	Hochofen	Lò cao	Blast furnace
40	Höchstmaß	Kích thước cực đại có thể	Maximum dimension
44	Höchstspiel	Độ hở lớn nhất/Độ rơ cực đại	Maximum clearance
302	Hochtemperaturkorrosion	Ăn mòn nhiệt độ cao	High-temperature corrosion
213	Hochtemperaturlöten	Hàn vảy nhiệt độ cao	High-temperature soldering
379	Hohlniete	Ri vet bọng ruột (Đinh rút)/Đinh tán rỗng, đinh tán bọng	Tubular rivet
421	Hohlwellenmotor	Động cơ trục rỗng	Hollow-shaft motor
184	Honen	Mài khôn/Mài đánh bóng, mài doa	Honing
188	Honen, Flach	Mài đánh bóng phẳng/Miết, mài doa phẳng	Flat honing
292	Hooke'sches Gesetz	Định luật Hooke	Hooke's law
370	Hutmuttern	Ốc có mũ	Acorn nuts
390	Hybridlager	Ổ bi tổ hợp, ổ bi lai/Bạc (bợ, ổ) tổ hợp	Hybrid bearings
496	Hydraulikflüssigkeiten	Dầu thủy lực	Hydraulic liquids
503	Hydraulikleitungen	Hệ thống mạch thủy lực	Hydraulic circuits
102	Hydraulische Presse	Máy ép thủy lực	Hydraulic press
496	Hydraulische Steuerungen	Điều khiển bằng thủy lực	Hydraulic controls
98	Hydroformverfahren	Các phương pháp định dạng bằng thủy lực với một màng ngăn	Hydroforming
499	Hydromechanischer Tischantrieb	Truyền động cho bàn gia công với phương pháp cơ - thủy lực (thủy cơ)	Hydro-mechanical worktable drive
97	Hydromechanisches Tiefziehen	Phương pháp thúc sâu, vuốt sâu bằng cơ-thủy lực Phương pháp thúc sâu, vuốt sâu thủy cơ	Hydro-mechanical deep-drawing
499	Hydromotoren	Động cơ thủy lực	Hydraulic motors
499	Hydrospeicher	Biinh chứa thủy lực	Hydraulic reservoirs
498	Hydrozylinder	Xy lanh thủy lực/Ống ben	Hydraulic cylinders
99	IHU	Định dạng bằng áp suất cao bên trong (Innenhochdruckumformen)	Internal high-pressure forming
224	Impulsschweißen	Hàn điện mạch động	Impulse welding
353	Inbetriebnahme	Thử nghiệm đưa vào vận hành/Đưa vào sử dụng	Bringing into service
485	Indirekte Steuerung von Zylindern	Điều khiển xi lanh gián tiếp	Indirect control of cylinders

286	Induktionshärten	Tôi cao tần	Induction hardening
256	Induktionstiegelofen	Lò nối cảm ứng/Lò nung cảm ứng	Crucible induction furnace
340	Industrieroboter	Rôbô công nghiệp	Industrial robots
553	Informationstechnik	Kỹ thuật thông tin/Công nghệ thông tin	Information technology
304	Inhibitoren (Korrosion)	Chất kìm hãm (ăn mòn)/Chất ức chế (sự ăn mòn)	Inhibitors (to corrosion)
533	Inkrementalbemaßung (NC)	Kiểu đo kích thước bằng gia lượng/gia số, dựa vào tọa độ trước đó	Incremental dimensioning (NC)
134	Innendrehen	Tiện trong	Internal turning
147	Innendrehmeißel	Mũi dao tiện trong	Internal turning chisel
99	Innenhochdruckumformen	Định dạng bằng áp suất cao bên trong	Internal high-pressure forming
25	Innenmessgeräte	Máy đo bên trong/Thiết bị đo trong	Internal measuring gauges
309	Innerer Aufbau, Kunststoffe	Cấu trúc bên trong, chất dẻo	Inner structure of plastics
246	Innerer Aufbau, Metalle	Cấu trúc bên trong, kim loại	Inner structure of metals
448	Inspektion	Kiểm tra, kiểm soát	Inspections
441	Instandhaltung	Sự bảo dưỡng, sự bảo trì, sự sửa chữa dự phòng	Maintenance
442	Instandhaltungskonzepte	Những khái niệm về bảo trì	Service and maintenance concepts
450	Instandsetzung	Sửa chữa, tu bổ	Repair service
579	IP (Schutzart)	Cấp bảo vệ, chỉ số độ kín (trong máy/động cơ điện)	IP (international protection system)
463	I-Regler	Bộ điều chỉnh tích phân	Integral controller
461	Istwert einer Regelung	Giá trị tức thời (giá trị thực tế) trong điều chỉnh	Feedback control value
80	KAIZEN	Triết lý hoàn thiện liên tục trong phát triển kỹ thuật (Nhật bản)	Kaizen
316	Kalandrieren	Sự cán láng	Calendering
273	Kalibrieren von Sinter-Formteilen	Hiệu chuẩn lại chi tiết nung kết/ Hiệu chỉnh lại chi tiết sau khi tạo dạng bằng thiêu kết	Repressing of sintered compacts
266	Kaltarbeitsstähle	Thép gia công nguội	Cold-work steels
90	Kaltkammerverfahren	quá trình đổ khuôn trong buồng lạnh	Cold-chamber die-casting process
92	Kaltumformen	Gia công tạo hình nguội/Gia công biến dạng nguội	Cold forming
546	Kantentaster	Mũi dò	Edge tracer
212	Kapillarwirkung	Tác dụng mao dẫn	Capillary action
151	Karusselldrehmaschinen	Máy tiện ca ru sen/Máy tiện doa đứng, máy tiện rơvonve đứng	Vertical turning and boring lathe
306	Kathodischer Korrosionsschutz	Chống ăn mòn điện hóa của cực âm (catot)	Cathodic corrosion prevention
60	Kegelprüfung	Phương pháp kiểm tra côn	Taper verification
416	Kegelräder	Bánh răng côn	Bevel gear wheels
133	Kegelreibahlen	Lưỡi doa côn	Taper reamer
131	Kegelsenker	Lưỡi lã côn	Conic countersink
376	Kegelstifte	Chốt côn	Tapered pins
411	Keilriemen	Curoa, đai thang hình chữ V/Curoa hình thang	V-belt
381	Keilverbindungen	Kết nối bằng then, chốt (cờ) la vét Kết nối bằng chốt chèn (cái chêm, cái mộng)	Keyed joints
380	Keilwellen-Verbindungen	Nối ghép bằng then hoa	Splined joints
233, 276	Keramische Beschichtungen	Lớp phủ gốm	Ceramic coatings
275	Keramische Werkstoffe	Vật liệu gốm	Ceramic materials
293	Kerbschlagbiegeversuch	Thí nghiệm uốn đập khía, sự thử va đập và uốn thanh có khía Thí nghiệm va đập mẫu có khía	Notched-bar impact bending test
376	Kerbstifte	Chốt có khía/Chốt trụ có khía	Grooved pins
457	Kerbwirkung	Hiệu ứng của lẫn cắt, tác dụng của khía	Notch effect
366	Kerndurchmesser bei Gewinden	Đường kính lõi của ren/Đường kính đáy răng	Core diameter of screw threads
86	Kerne beim Gießen	Lõi đúc, thao	Cores for casting
266	Kesselbleche	Thép lá chế tạo nồi hơi	Boiler plates
412	Ketten	Chuỗi, xích	Chains
413	Kettenräder	Đĩa răng xích	Chain wheels
413	Kettenspanner	Bộ chỉnh, căng xích	Chain adjuster
419	Kippmoment eines E-Motors	Mômen tối đa của động cơ điện/Mômen đầu ra của động cơ điện	Pull-out torque of an electric motor
209	Kleben	Phương pháp liên kết, phương pháp dán	Bonding
321	Kleben, Kunststoffe	Phương pháp dán, chất dẻo	Bonding, plastics
578	Kleinspannung	Điện áp thấp/Điện áp bé	Low voltage
492, 510	Klemmenbelegungsliste	Bảng đấu dây	Fixing list
362	Klimaanlage, Funktionseinheiten	Máy điều hòa không khí (nhiệt độ), các đơn vị chức năng Bộ điều hòa, các đơn vị hoạt động (chức năng)	Air-conditioning unit, functional elements
268	Knetlegierungen	Hợp kim rèn, nhồi, hợp kim dẻo/Hợp kim nhào trộn, hợp kim biến dạng	wrought alloys
102	Kniehebelpresse	Máy dập khuỷu	Toggle lever press
195	Kniehebelspanner	Đai kẹp khuỷu	Toggle lever clamp
54, 56	Koaxialitätsprüfung	Kiểm tra độ đồng trục	Checking of coaxiality
255	Kohlenstoff, Begleitelement	Carbon, chất đi kèm	Carbon as accompanying element
86	Kokillengießen	Đúc với khuôn vỏ mỏng/Đúc bằng khuôn kim loại	Die casting
498	Kolbengeschwindigkeiten	Tốc độ pittông	Reciprocating speeds
498	Kolbenkräfte, Berechnung	Các lực của pittông, tính toán	Piston force calculation
214	Kolbenlöten	Mỏ hàn vẩy	Copper-bit soldering
497	Kolbenpumpen	Bơm pittông	Piston pumps
499	Kolbenspeicher	Bình chứa thủy lực kiểu pittông	Piston-type accumulators
480	Kolbenverdichter	Máy nén pittông	Piston compressor
140	Kolkverschleiß	Mòn lõm	Crater wear
554	Kommunikation, technische	Truyền thông, (mang tính) kỹ thuật	Communication, technical
499	Konstantmotor	Động cơ với vận tốc không đổi	Fixed-displacement motor
497	Konstantpumpen	Bơm với công suất không đổi	Fixed-displacement pump

303	Kontaktkorrosion	Ăn mòn tiếp xúc	Contact corrosion
515	Kontaktplan (SPS)	Sơ đồ bậc thang KOP (Điều khiển lôgic lập trình) Sơ đồ tiếp xúc, sơ đồ công tắc	Ladder plan (PLC)
507	Kontaktsteuerungen	Điều khiển tiếp xúc/Điều khiển tiếp điểm	Contact controls
542	Konturzug (NC)	Đường bao	Contour definition (NC)
252	Konverter	Bộ biến đổi/Lò biến chất	Converter
34	Koordinatenmessgerät	Máy đo tọa độ/Dụng cụ hiệu chuẩn hệ trục tọa độ	Coordinate gauging device
527	Koordinatensystem bei NC-Maschinen	Hệ tọa độ trong máy NC	Coordinate system of NC machines
249	Kornformen, Metallgefüge	Các dạng hạt trong cấu trúc kim loại	Grain shapes in metal structures
277	Korngrenzenzementit	Biên hạt xementit/ cac bit (Fe3C)	Grain boundary cementite
250	Korngrößen, Metallgefüge	Kích cỡ hạt, kết cấu kim loại	Grain sizes in metal structures
538	Korrekturmaße bei der NC-Bearbeitung	Các kích thước được hiệu chỉnh trong gia công NC Các thông số điều chỉnh/hiệu chỉnh kích thước trong gia công NC	Correction dimensions in NC machining
302	Korrosion, chemische	Sự ăn mòn, hóa học	Corrosion, chemical
301	Korrosion, elektrochemische	Sự ăn mòn, điện-hóa	Corrosion, electrochemical
302	Korrosionsarten	Các dạng ăn mòn	Kinds of corrosion
301	Korrosionselemente	Các thành phần được sử dụng (điện cực) trong phương pháp ăn mòn, acquy ăn mòn/Các chất sử dụng trong phương pháp ăn mòn	Corroding elements
304	Korrosionsschutzmaßnahmen	Các biện pháp chống ăn mòn	Corrosion-preventive measures
244, 304	Korrosionsverhalten der Metalle	Phản ứng của kim loại trước ảnh hưởng của các chất có tác dụng phá hủy (thí dụ như không khí ẩm, nước bị ô nhiễm, chất ăn mòn)/Độ ổn định của kim loại trước ăn mòn, khả năng chịu đựng ăn mòn của kim loại	Corrosion stability of metals
417	Kraft, elektromagnetische	Lực, điện từ	Force, electromagnetic
361	Kraftfahrzeug, Funktionseinheiten	Ô tô (Xe cơ giới), các đơn vị chức năng	Motor vehicle, functional units
330	Kraftmaschinen	Máy động lực, máy kéo	Power engines
382	Kraftschluss-Verbindungen	Kết nối bằng lực	Non-positive connections
498	Kraftübersetzung, hydraulische	Tỷ lệ truyền lực trong thủy lực	Force transmission, hydraulic
335	Krane	Cần cẩu	Cranes
538	Kreisinterpolation (NC)	Nội suy đường tròn (trong gia công NC)	Circular interpolation (NC)
382	Kreiskeilverbindungen	Kết nối qua trục (có thiết diện) không tròn/Kết nối bằng then bán nguyệt	Circular key joints
121	Kreissägemaschinen	Máy cưa đĩa	Circular saw machines
246	Kristallgitter	Mạng tinh thể	Crystal lattice
249	Kristallgitterbildung	Sự hình thành mạng tinh thể	Crystal lattice formation
370	Kronenmuttern	Đai ốc có lỗ, nấc cài chốt/Đai ốc hoa	Castle nuts
117	Kühlschmierstoffe	Dung dịch bôi trơn làm nguội/Dung dịch cắt gọt	Cooling lubricants
307	Kunststoffe	Chất dẻo	Plastics
309	Kunststoffe, Einteilung	Chất dẻo, phân loại	Plastics, classification
316	Kunststoffe, Formgebung	Chất dẻo, tạo hình	Plastic moulding
315	Kunststoffe, Kennwerte	Tham số đặc trưng của chất dẻo/Chất dẻo, các giá trị đặc trưng	Plastics, characteristic values
314	Kunststoffe, Prüfung	Chất dẻo, kiểm tra	Plastics testing
321	Kunststoffe, spanende Bearbeitung	Chất dẻo, sự gia công có phoi/ Chất dẻo, sự gia công cắt gọt (sự gia công cơ)	Plastics, chip-forming machining
270	Kupferlegierungen	Hợp kim đồng	Copper alloys
256	Kupolofen	Lò luyện gang đứng/Lò đứng, lò cupola	Cupola furnace
405	Kupplungen	Bộ ly hợp, ly kết/Khớp nối	Couplings
426	Kupplungs-Getriebe	Hộp số ly hợp	Clutch gears
102	Kurbelpresse	Máy dập khuỷu	Crank press
577	Kurzschluss	Đoản mạch, ngắn mạch/Chạm mạch	Short circuit
418	Kurzschlussläufer-Asynchronmotoren	Động cơ không đồng bộ lồng sóc Động cơ không đồng bộ với rôto lồng sóc (rôto ngắn mạch)	Squirrel-cage asynchronous motors
230, 235	Lackieren	Sơn	Painting
48	Lageprüfung	Kiểm tra vị trí	Checking of positions
387	Lager	Bơ trục, bệ đỡ, ổ trục, ổ bạc đạn/Bạc, bơ, ổ	Bearings
49	Lagetoleranzen	Dung sai vị trí	Tolerances of position
408	Lamellenkupplung	Bộ li hợp nhiều đĩa	Multiplate clutch
324	Laminate	Lớp mỏng, màng mỏng	Laminates
241	Längenausdehnung, thermische	Sự giãn nở chiều dài, do nhiệt	Linear expansion, thermal
130	Längenausgleichsfutter	Chấu kẹp cân bằng chiều dài	Length-compensating chuck
18	Längenprüfmittel	Các thiết bị kiểm tra độ dài	Length-measuring devices
8	Längenprüftechnik	Kỹ thuật kiểm tra độ dài	Length-measuring technique
207	Längseinpressen	Lắp ghép bằng ép kín theo chiều dài	Longitudinal press-fit joints
134	Längs-Runddrehen	Tiện tròn, dài	Cylindrical turning
186	Läppen	Mài nghiền, mài miết bóng/Mài nhẵn, mài bóng, miết	Lapping
559	Laptop	Máy tính xách tay	Laptop
170	Laserbearbeitung	Gia công bằng laser	Laser machining
32, 35	Lasermessgeräte	Máy đo laser	Laser measuring devices
110	Laserstrahlschneiden	Cắt bằng tia laser	Laser cutting
227	Laserstrahlschweißen	Hàn bằng tia laser	Laser-beam welding
56	Laufprüfungen	Chạy thử, sự thử vận hành	Running tests
562	Laufwerke	Ổ đĩa	Disk drives
252	LD-AC-Verfahren	Phương pháp LD-AC	L-D-AC process
252	LD-Verfahren	Phương pháp LD	L-D process
219	Leerlaufspannungen	Điện áp mạch hở/Điện thế không tải	Open-circuit voltages

255, 284	Legierungselemente	Thành phần hợp kim/Nguyên tố hợp kim	Alloying elements
272	Legierungsmetalle	Kim loại hợp kim	Alloying metals
18	Lehren	Calip, dưỡng, căn mẫu/Dưỡng kiểm, rập	Gauges
268	Leichtmetalle	Kim loại nhẹ	Light metals
332	Leistung	Công suất	Power
575	Leistung, elektrische	Công suất điện	Power, electric
418	Leistungsfaktor	Hệ số công suất	Power factor
418	Leistungsschild von Elektromotoren	Bảng thông số công suất của động cơ điện Bản (biển báo) công suất của động cơ điện	Name-plate of electric motors
577	Leiterschluss	Đoản mạch dây dẫn nối thẳng với dây dẫn	Conductor-to-conductor short circuit
571	Leiterwiderstand	Điện trở dây dẫn	Electrical resistance (of conductors)
220	Lichtbogen beim Schweißen	Hàn điện, hàn hồ quang/Hồ quang lúc hàn	Welding arc
223	Lichtbogenarten	Các dạng cung lửa hàn, hồ quang hàn	Kinds of arcs
219	Lichtbogen-Handschweißen	Hàn hồ quang thủ công/Hàn hồ quang tay	Manual arc welding
256	Lichtbogenofen	Lò hồ quang/Lò điện hồ quang	Arc furnace
471	Lichtschranken	Rào chắn quang học	Light barriers
423, 430	Linearantriebe	Bộ dẫn động thẳng, bộ truyền động tuyến tính/Bộ truyền động thẳng	Linear drives
367	Linksgewinde	Ren trái/Răng vặn ngược	Left-handed screw threads
473	Logikplan	Biểu đồ logic	Logic diagram
372	Losdrehsicherungen	Khóa chống xoay/Sự khóa ren	Screw lockings
216	Lötarbeit, Beispiel	Công việc hàn vảy, ví dụ	Soldering work, an example
211	Löten	Hàn vảy	Soldering
211	Lötfuge	Mối hàn vảy	Soldering gap
211	Lötspalt	Khe hở mối hàn vảy	Soldering joint
213	Löttemperaturen	Nhiệt độ hàn vảy	Soldering temperatures
213	Lötverfahren	Phương pháp hàn vảy	Soldering techniques
91	Lunker	Bọt khí, rỗ khí (bóng khí trong khi đúc)	Shrinkage cavities
269	Magnesium	Magnesium, manhê, magie	Magnesium
269	Magnesiumlegierungen	Hợp kim magie (magiê)/Hợp kim magiê	Magnesium alloys
563	Magnetband	Băng từ	Magnetic tape
395	Magnetlager	Bợ trục từ	Magnetic bearing
300	Magnetpulververfahren	Phương pháp kiểm tra bằng bột từ tính	Magnetic powder test
196	Magnetspannplatte	Bàn kẹp bằng từ tính/Bàn kẹp nam châm	Magnetic holding plate
222	MAG-Schweißen	Hàn với khí hoạt tính kim loại/Hàn MIG	Metal active gas welding
308	Makromoleküle	Phân tử lớn, đại phân tử	Macromolecules
255	Mangan, Legierungselement	Mangan, thành phần hợp kim	Manganese as alloying element
296	Martenshärte	Độ cứng theo Marten (HM)	Martenshardness
281	Martensit	Martensit	Martensite
330	Maschinen- und Gerätetechnik	Kỹ thuật máy móc và thiết bị	Machine and instrumentation engineering
72	Maschinenfähigkeit	Năng lực máy/Khả năng của máy	Machine capability
87	Maschinenformen	Tạo hình bằng máy/Làm khuôn bằng máy	Moulding by machines
130	Maschinengewindebohrer	Tarô máy/Cây ven răng máy	Machine taps
102	Maschinenhämmer	Búa máy	Power hammers
357	Maschinenkarte	Thẻ công suất máy/Thẻ lý lịch máy, thẻ máy	Machine rating card
527	Maschinennullpunkt	Điểm gốc (điểm không) của máy	Machine origin
133	Maschinenreibahlen	Lưỡi doa máy	Machine reamers
121	Maschinensägen	Cưa máy	Sawing machines
103	Maschinenscheren	Kéo máy	Shearing machines
196	Maschinenschraubstock	Ê tô máy	Machine vice
88	Maskenformen	Phương pháp tạo hình với áo khuôn/Làm khuôn với áo khuôn	Shell-moulding process
334	Massestrom	Lưu khối/Lưu lượng	Mass flow
18	Maßstäbe	Tỷ lệ	Scales
40	Maßtoleranzen	Dung sai kích thước/Lượng dư kích thước, lượng thừa kích thước	Dimensional tolerances, tolerance in size, size margin
562	Maus	Chuột (máy tính)	Mouse
77	Median	Số giữa, số trung vị, giá trị trung bình	Median
387	Mehrflächen-Gleitlager	Ổ trượt nhiều lớp, Ổ bạc lót nhiều miếng Ổ trục trơn hình xuyến, hướng tâm	Radial clearance plain bearings
408	Mehrscheibenkupplung	Ly hợp nhiều đĩa	Multiple-disk clutch
151	Mehrspindel-Drehmaschine	Máy tiện nhiều đầu	Multispindle turning lathe
127	Mehrstufenbohrer	Lưỡi khoan nhiều bậc/Lưỡi khoan đa cấp	Multistep drilling machine
499	Membranspeicher	Bộ trữ, bình ắc quy kiểu màng	Diaphragm accumulator
480	Membranverdichter	Máy nén kiểu màng/Máy nén mâm bran	Diaphragm compressor
513	Merker	Cờ, bộ chỉ báo, dấu hiệu/Bộ ghi nhớ, bộ lưu (1 bit)	Flags
13	Messabweichungen	Sai số đo	Errors of measurement
11	Messergebnis	Kết quả đo	Measuring result
21	Messgeräte	Thiết bị đo đạc/Dụng cụ đo	Measuring devices
16	Messmittelfähigkeit	Khả năng phương tiện đo	Measuring equipment capability
21	Messschieber	Thước cặp/Thước thụt	Calliper rule
24	Messschrauben	Thước pan me, vít đo/Vi kế, pan me	Micrometers
11	Messtechnische Begriffe	Những khái niệm về kỹ thuật đo lường/Định nghĩa về kỹ thuật đo lường	Metrological definitions
10	Messtechnische Grundlagen	Cơ bản về kỹ thuật đo lường	Metrological fundamentals
26	Messuhren	Đồng hồ đo,đồng hồ shore	Dial gauges

407	Metallbalgkupplung	Ly kết hộp xếp kim loại	Metal bellows clutch
246	Metallbindung	Liên kết kim loại	Metallic bond
248	Metallgefüge, Entstehung	Cấu trúc kim loại, sự hình thành	Metal structure formation
249	Metallografie	Ngành kim loại học Kim tướng học, môn khảo cứu cấu trúc kim loại bằng kính hiển vi	Metallography
300	Metallografische Untersuchungen	Xét nghiệm cấu trúc kim loại bằng kính hiển vi/Xét nghiệm kim tương	Metallographic examinations
299	Met-L-Chek-Verfahren	Phương pháp Met-L-Chek, vết nứt được phát hiện nhờ chất phun màu đỏ	Met-L-Chek process
532	M-Funktionen	Các chức năng chuyển mạch cho máy NC	M-functions (machine functions)
222	MIG-Schweißen	Hàn kim loại trong môi trường khí trơ/Hàn MIG	Metal-inert-gas welding
559	Mikroprozessor	Bộ vi xử lý	Microprocessor
40	Mindestmaß	Kích thước tối thiểu	Minimum dimension
44	Mindestspiel	Độ hở nhỏ nhất	Minimum clearance
44	Mindestübermaß	Độ dư nhỏ nhất	Minimum oversize
119	Minimalmengenschmierung	Lượng bôi trơn tối thiểu	Minimal quantity lubrication
385	Mischreibung	Ma sát hỗn hợp	Mixed friction
150	Mitnehmer zum Drehen	Tốc tiện/Cái tốc, bộ phân kéo, chốt cài, vấu	Lathe dogs
86	Modelle beim Gießen	Mẫu đúc	Patterns for casting
414	Modul von Zahnrädern	Mô đun của bánh răng	Module of toothed wheels
255	Molybdän, Legierungselement	Thành phần hợp kim molybđen/Nguyên tố hợp kim Molybđen	Molybdenum as alloying element
562	Monitor	Màn hình	Monitor
434	Montage, Beispiele	Lắp ráp, ví dụ	Assembly examples
432	Montagetechnik	Kỹ thuật lắp ráp	Assembly technique
417	Motoren, elektrische	Đông cơ điện	Electric motors
576	Motorschutzschalter	Công tắc bảo vệ động cơ	Protective motor switch
34	Multisensortechnik	Kỹ thuật nhiều (đa) cảm biến	Multisensorics
371	Muttern, Festigkeitsklassen	Đai ốc, cấp (hang) độ bền	Nuts, property classes
468, 510	Näherungsschalter	Cảm biến (công tắc chuyển mạch khi đến gần), công tắc tiệm cận	Proximity switches
313	Naturgummi (NR)	Cao su thiên nhiên, cao su tự nhiên	natural rubber (NR)
127	NC-Anbohrer	Lưỡi khoan mớm NC, mũi khoan tâm NC, mũi khoan điểm NC	NC spot drills
523	NC-Technik	Kỹ thuật điều khiển số	NC technology
51	Neigungsprüfung	Kiểm tra độ dốc	Checking of inclination
136	Neigungswinkel	Góc nghiêng, góc lệch, góc trước/Góc thoát	Angle of inclination
268	NE-Metalle	Kim loại màu/Kim loại không chứa sắt	Non-ferrous metals
40	Nennmaß	Kích thước danh nghĩa/Kích thước danh định, kích thước định mức	Nominal dimensions
403	Nennmoment	Mômen danh định, mômen định mức/Mômen danh nghĩa	Rated torque
558	Netzwerk	Mạng, mạng lưới	Network
93	Neutrale Faser	Đường trung hòa/Sớ trung hòa	Neutral axis
103	Nibbelscheren	Kéo cắt dập đột/Kéo cắt	Nibblers
268	Nichteisenmetalle	Kim loại màu, kim loại không chứa sắt/Kim loại không sắt	Non-ferrous metals
475	NICHT-Verknüpfung	Cổng logic phủ định/Phép toán phủ định	NOT operation
255	Nickel, Legierungselement	Niken (Nicken) thành phần hợp kim/(nguyên tố hợp kim)	Nickel as alloying element
272	Nickellegierungen	Hợp kim nickel	Nickel alloys
378	Nietverbindungen	Mối ghép đinh tán	Riveted joints
288	Nitrierhärten (Nitrieren)	Nitrô hóa, sự thấm nitơ để tăng độ bền	Nitriding
265, 289	Nitrierstähle	Thép thấm nitơ	Nitriding steels
280	Normalglühen	Nung ủ thường hóa/Thường hóa	Normalizing anneal
554	Normen	Tiêu chuẩn	Standards
62	Normenreihe	Loạt tiêu chuẩn (chung quanh một vấn đề)	Series of standards
495	NOT-AUS	Tắt (ngắt) khẩn cấp	EMERGENCY OFF
467	NOT-AUS-Schalter	Nút tắt khẩn cấp	EMERGENCY-OFF switch
40	Nulllinie bei Toleranzen	Đường không trong dung sai	Zero line of tolerances
528	Nullpunktverschiebung (NC)	Đoạn dịch chuyển tọa độ từ điểm không của máy đến điểm không của phôi/Sự dịch chuyển của điểm không	Zero shift (NC)
370	Nutmuttern	Đai ốc xẻ/Đai ốc có rãnh	Grooved nuts
198	Nutsystem bei Baukastenvorrichtungen	Hệ thống rãnh trong các thiết bị (đồ gá) được thiết kế theo mô đun	Groove-type modular construction system for jigs and fixtures
37	Oberflächenkenngrößen	Các chỉ số bề mặt	Surface characteristics
37	Oberflächenmessgeräte	Máy đo bề mặt	Profilometers
36	Oberflächenprüfung	Kiểm tra bề mặt	Surface testing
474	ODER-Verknüpfung	Phép toán OR, bao hàm	OR operation
507	Öffner	Công tắc mở (công tắc thường đóng)	Normally closed contact
571	Ohm'sches Gesetz	Định luật Ohm	Ohm's law
515	Operand (SPS)	Toán hạng (Điều khiển lôgic lập trình)	Operand (PLC)
515	Operationsteil (SPS).	Phần thực hiện toán hạng (Điều khiển lôgic lập trình)	Operation part (PLC)
32	Optoelektronische Bauelemente	Linh kiện quang điện tử	Optoelectronic elements
276	Oxidkeramik	Gốm oxit	Oxide ceramics
51	Parallelitätsprüfung	Kiểm tra sự song song	Checking of parallelism
573	Parallelschaltung	Mạch song song	Parallel connection
480	Pascal (Druckeinheit)	Pascal (đơn vị áp suất)	Pascal (unit of pressure)
380	Passfederverbindungen	Sự kết nối với then (chêm, khóa, then dẫn hướng, then trượt) Ghép nối với then bằng	Fitting key joints
302	Passivierung	Trơ, sự làm trơ/Thụ động hóa, thụ động ăn mòn	Passivation
369	Passschrauben	Bu lông lắp sít, vít cấy có ren hai đầu, gujông/Đinh ốc chính xác	Dowel screws
376	Passstifte	Chốt định vị chính xác/Chốt định tâm	Dowel pins

44	Passungen	Lắp ghép	Fits
44	Passungen, Spiel-	Lắp lỏng	Loose fits
45	Passungen, Übergangs-	Lắp vừa, lắp chặt/Lắp trung gian, lắp quá độ, lắp vừa sít	Transition fits
44	Passungen, Übermaß-	Lắp chặt	Negative allowance fits
44	Passungsarten	Các dạng lắp ghép	Types of fits
47	Passungsauswahl	Lựa chọn lắp ghép	Selection of fits
45	Passungssysteme	Hệ thống lắp ghép	Systems of fits
195	Pendelauflagen	Bệ đỡ tự điều chỉnh/Bệ đỡ tự lựa, bệ đỡ lắc	Floating holders
178	Pendelschleifen	Phương pháp mài qua lại nhiều lần/Mài kiểu con lắc	Swing grinding
562	Peripheriegeräte	Thiết bị ngoại vi	Peripheral equipment
277	Perlit	Peclit	Perlite
230, 305	Phosphatieren	Photphat hóa	Phosphatizing
255	Phosphor, Begleitelement	Photpho, chất đi kèm/Nguyên tố kèm	Phosphorus as accompanying element
463	PID-Regler	Bộ điều khiển PID, bộ điều khiển tự động tỷ lệ - vi tích phân Bộ điều khiển tỷ lệ - tích phân - đạo hàm	Proportional integral-differential automatic controller
463	PI-Regler	Bộ điều khiển PI, bộ điều khiển tự động tỷ lệ - tích phân	Proportional integral automatic controller
115	PKB (Polykristallines kubisches Bornitrid)	Vật liệu cắt với bo nitrua lập phương đa tinh thể	Polycrystalline boron nitride (PCB, PCBN)
116	PKD (Polykristalliner Diamant)	Kim cương đa tinh thể	Polycrystalline diamond (PCD)
131	Planansenken	Lã phẳng mặt đầu/Khoét phẳng	Spot facing
134	Plandrehen	Tiện khỏa mặt (tiện lã mặt)/Tiện phẳng mặt, tiện mặt đầu	Face turning
131	Planeinsenken	Lã, khoét mặt đầu/Khoét phẳng sâu	Face countersinking
427	Planetengetriebe	Hệ truyền động hành tinh, bộ vi sai hành tinh trong hộp số, bánh răng hành tinh trong hộp số/Hộp số hành tinh	Planetary gear
162	Planfräsen	Phay phẳng	Planer-milling
177	Planschleifen	Mài phẳng	Surface grinding
178	Planschleifmaschinen	Máy mài phẳng	Surface-grinding machine
109	Plasma-Schmelzschneiden	Cắt (nóng chảy) bằng tia plasma	Plasma cutting
224	Plasmaschweißen	Hàn bằng plasma	Plasma welding
307	Plaste	Chất dẻo/Nhựa	Plastics
242	Plastizität	Độ dẻo	Plasticity
326	Plattiertes Blech	Thép tấm được mạ/Kim loại cán mỏng được mạ	Plated metal sheets
562	Plotter	Máy vẽ	Plotter
29	Pneumatische Messgeräte	Thiết bị đo đạc bằng khí nén	Pneumatic measuring devices
479	Pneumatische Steuerungen	Bộ điều khiển bằng khí nén	Pneumatic controls
534	Polarkoordinaten	Hệ tọa độ cực	Polar coordinates
308	Polyaddition	Sự đa trùng cộng	Polyaddition
311	Polyamid (PA)	Chất dẻo poliamit (PA)	Polyamide plastics (PA)
311	Polybutylenterephthalat (PBT)	Chất dẻo PBT	Polybuteneterephthalate plastics (PBTP)
310	Polycarbonate (PC).	Chất dẻo PC	Polycarbonate plastics (PC)
312	Polyesterharze (UP)	Chất dẻo UP	Unsaturated polyester resin (UP)
310	Polyethylen (PE)	Chất dẻo PE	Polyethylene plastics (PE)
375	Polygonwellen-Verbindungen	Kết nối trục đa giác, kết nối trục nhiều cạnh	Polygon shaft connections
308	Polykondensation	Sự đa trùng ngưng	Polycondensation
115	Polykristalline Schneidstoffe	Vật liệu cắt đa tinh thể	Polycrystalline cutting materials
325	Polymerbeton	Bêton polyme/Bêton dẻo	Concrete polymer
311	Polymerblends	Hỗn hợp chất dẻo	Polymer blends
308	Polymerisation	Sự trùng hợp, polyme hóa	Polymerization
311	Polymethylmethacrylat (PMMA)	Chất dẻo PMMA	Polymethylmethacrylate plastics
311	Polyoximethylen (POM)	Chất dẻo POM	Polyoxidemethylene (polyacetal) resin (POM)
310	Polypropylen (PP)	Chất dẻo PP	Polypropylene plastics (PP)
310	Polystyrol (PS)	Chất dẻo PS	Polystyrene plastics (PS)
311	Polytetrafluorethylen (PTFE)	Chất dẻo PTFE	Polytetrafluoroethylene plastics (PTFE)
312	Polyurethanharze (PU).	Chất dẻo PUR/chất dẻo PU	Polyurethane plastics (PUR)
310	Polyvinylchlorid (PVC)	Chất dẻo PVC	Polyvinyl chloride plastics (PVC)
567	Präsentationsprogramme	Những chương trình dùng để trình bày	Presentation programs
462	P-Regler	Bộ điều khiển tỷ lệ	Proportional controllers
102	Pressen	Ép, nén, ấn	Presses
326	Pressholz (Kunststoffe)	Gỗ ép/Gỗ ép từ nhiều lớp mỏng tẩm chất nhựa	Compregnated wood (plastics)
325	Pressmassen (Kunststoffe)	Khối nén từ nhựa dẻo và chất độn/Chất tổng hợp từ đổ khuôn nén	Moulding compounds (plastics)
228	Pressschweißen	Hàn nén, hàn có áp lực/Hàn ép	Pressure welding
207	Pressverbindungen	Nối kết/mối ghép nén/Kết nối ép, kết nối nén	Press-fit joints
134	Profildrehen	Tiện định hình	Form turning
131	Profilsenken	Lã vạt định hình	Form countersinking
544, 550	Programmieren nach PAL	Lập trình theo PAL, ngôn ngữ lập trình cho huấn luyện CNC	Programming of PAL
538	Programmieren, NC-Drehmaschinen	Lập trình máy tiện NC	Programming of NC lathes
546	Programmieren, NC-Fräsmaschinen	Lập trình máy phay NC	Programming of NC milling machines

342	Programmieren, Roboter	Lập trình robot (người máy)	Programming of robots
535	Programmieren, Werkstückkonturen	Lập trình đường viền của phôi	Programming of workpiece contours
551	Programmierverfahren	Các phương pháp lập trình	Programming methods
551	Programmsimulation (NC)	Mô phỏng tiến trình (chương trình) gia công (NC)/Chương trình mô phỏng	Program simulation (NC)
502	Proportionalventil	Van tỷ lệ	Proportional valve
75	Prozessfähigkeit	Năng lực quy trình, khả năng (có thể) thực hiện quá trình gia công Khả năng tiến hành gia công, năng lực tiến hành công việc	Process capability
10	Prüfmittel	Phương tiện kiểm tra	Measuring instruments
16	Prüfmittelüberwachung	Giám sát phương tiện kiểm tra/Theo dõi thiết bị (phương tiện) kiểm tra	Inspection of measuring instruments
338	Prüfprotokoll bei Werkzeugmaschinen	Biên bản kiểm tra của máy công cụ	Production test certificate for machine tools
231, 235	Pulverlackieren	Sơn bột	Powder painting
274	Pulvermetallurgische Werkzeugstähle	Thép dụng cụ sản xuất từ bột kim loại	Powder-metallurgic tool steels
497	Pumpen	Máy bơm	Pumps
197	Pumpenaggregat, elektrohydraulisches	Cụm bơm, điện-thủy lực/Tổ hợp máy bơm, điện-thủy lực	Pumping set, electrohydraulic
386	Punktlast bei Wälzlagern	Tải điểm của vòng bi, điểm lực tập trung của vòng bi Lực tải tập trung vào một điểm của vòng bi	Concentrated point load of roller bearings
228	Punktschweißen	Hàn điểm, hàn bấm/Hàn point	Spot welding
529	Punktsteuerung	Điều khiển từ điểm tới điểm trong NC	Point-to-point positioning
67	Qualitätslenkung	Kiểm tra chất lượng, định hướng chất lượng/Điều chỉnh, định hướng quá trình sản xuất sao cho chất lượng đạt yêu cầu	Quality control
61	Qualitätsmanagement	Quản lý chất lượng	Quality management
63	Qualitätsmerkmale	Các đặc điểm chất lượng	Quality features
76	Qualitätsregelkarten	Thẻ (bảng) điều chỉnh chất lượng/Thẻ kiểm tra chất lượng	Quality control cards
68	Qualitätssicherung	Bảo đảm chất lượng	Quality assurance
264	Qualitätsstähle	Thép chất lượng cao	High-grade steels
134	Quer-Plandrehen	Tiện vạt mặt ngang/Tiện ngang, tiện phẳng ngang	Transverse turning
124	Querschneide am Spiralbohrer	Mép cắt ngang ở lưỡi khoan	Chisel edge of twist drills
497	Radialkolbenpumpe	Máy bơm pitttông hướng tâm/Bơm hướng trục, Bơm pittông xuyên tâm	Radial piston pump
560	RAM	Bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên, RAM	Random access memory (RAM)
370	Rändelmuttern	Đai ốc có khía/Đai ốc có gai	Knurled nuts
286	Randschichthärten	Tôi da cứng/Tôi lớp biên, tôi vùng biên	Skin hardening
246	Raumgitter	Mạng/lưới không gian	Space lattice
248	Raumgitter, Baufehler	Mạng không gian, lỗi cấu trúc/Mạng lập thể, lỗi cấu trúc	Space lattice, structural errors
135	Rautiefe beim Drehen	Chiều sâu nhấp nhô lúc tiện, chiều cao đỉnh-trũng của mặt nhám Độ sâu của mặt nhám khi tiện	Peak-to-valley heights in turning
210	Reaktionsklebstoffe	Keo hai thành phần	Curing adhesives
367	Rechtsgewinde	Ren chiều thuận, ren phải	Right-hand thread
236, 328	Recycling	Tái chế	Recycling
528	Referenzpunkt	Điểm quy chiếu, điểm tham chiếu, điểm chuẩn	Reference point
468	Reflexdüsen	Bộ cảm ứng phản xạ, đầu dò phản xạ	Reflex sensors
461	Regelungstechnik	Kỹ thuật điều chỉnh	Control engineering
533	Register	Bộ ghi, bộ đếm/Thanh ghi	Register
462	Regler	Bộ điều chỉnh	Controllers
132	Reibahlen	Dao khoét/Lưỡi doa	Reamers
132	Reiben	Doa, khoét	Reaming
428	Reibradgetriebe	Truyền động bằng đĩa ma sát	Friction gear
228	Reibschweißen	Hàn bằng ma sát	Friction welding
384	Reibung	Ma sát	Friction
572	Reihenschaltung	Mạch nối tiếp	Series connection
235	Reinigen von Werkstücken	Làm sạch phôi (chi tiết)	Cleaning of workpieces
137	Reißspäne	Phoi vụn, mạt kim loại vụn/Phoi vụn	Tear chips
152	Reitstock	Ụ đỡ, ụ định tâm, ụ sau/Ụ động sau, ụ chống tâm	Tailstock
280	Rekristallisationsglühen	Ram tái kết tinh, nung ủ tái kết tinh	Recrystallization annealing
508	Relais	Rơle	Relays
82	Rettungszeichen	Dấu hiệu cấp cứu	Escape and rescue signs
51	Richtungsprüfung	Kiểm tra hướng	Verification of orientation
410	Riementriebe	Dẫn động, truyền động bằng đai	Belt drives
382	Ringfedern	Vòng chặn lò xo, circlip/Lò xo trụ, lò xo vòng	Annular springs
382	Ringfeder-Spannverbindungen	Kết nối bằng lực xiết lò xo vòng/Mối ghép bằng lò xo trụ	Annular spring lockings
370	Ringmuttern	Ốc câu máy/Đai ốc nhẫn	Eye nuts
340	Roboter	Robot	Robots
295	Rockwellhärte	Độ cứng Rockwell	Rockwell hardness
251	Roheisen	Gang thỏi/Gang thô, sắt thô	Pig iron
256	Roheisen, Gießerei	Gang thỏi, lò đúc/Gang thỏ/sắt thô, lò đúc	Foundry pig iron
95	Rohre, Biegen	Ống, bẻ cong	Tube bending
503	Rohre, Hydraulik	Ống, thủy lực	Hydraulic pipes
503	Rohrverschraubungen	Khớp ren nối ống, cắt ren vít ống/Bộ nối ống	Screwed pipe joints
412	Rollenketten	Xích lăn	Roller chains
228	Rollennahtschweißen	Hàn ép lăn	Roll seam welding
385	Rollreibung	Ma sát lăn	Rollin friction

560	ROM	ROM, bộ nhớ chỉ đọc	Read-only memory (ROM)
300	Röntgenprüfung	Kiểm tra bằng tia X (tia quang tuyến)	X-ray testing
271	Rotguss	Đồng thau đỏ/Hợp kim CuSnZnPb, đồng đỏ	Red brass
94	Rückfederung beim Biegen	Độ dôi đàn hồi lúc uốn/Độ bật lại (đàn hồi) trong uốn	Bending resilience
280	Rückfeinen	Phương pháp ủ thường để có trở lại tinh thể mịn/Hồi tinh thể	Heat refining
500	Rückschlagventil, entsperrbares	Van một chiều, chống nghẽn, khóa/Van một chiều có thể mở khóa được	Non-return valve, delockable
485	Rückschlagventil, pneumatisches	Van khí nén một chiều/Van một chiều, dùng khí nén	Non-return valve, pneumatic
131	Rückwärtssenker	Lã ngược	Backfacing countersink
538	Rückzugzyklus beim Gewindedrehen	Chu trình quay về của dao cắt sau khi tiện ren Chu trình quay ngược, trở về lúc tiện ren	Return cycle in threading
134	Runddrehen	Tiện tròn/Tiện trụ	Cylindrical turning
53, 55	Rundheitsprüfung	Kiểm tra độ tròn	Checking of roundness
54, 56	Rundlaufprüfung	Kiểm tra độ đảo/Kiểm tra độ lệch tâm (độ tâm sai), kiểm tra độ đồng tâm	True running test
494	Rundschalttisch	Bàn quay có chia độ	Rotary indexing table
180	Rundschleifen	Mài tròn	Circular grinding
181	Rundschleifmaschinen	Máy mài tròn	Circular grinding machine
409	Rutschkupplung	Khớp ly hợp trượt	Slip friction clutch
518	S/R-Speicher	Bộ nhớ có thể được thiết lập và đặt lại/Bộ nhớ chỉnh-đặt lại	Set-reset memory (SRM)
121	Sägeblätter	Lưỡi cưa	Saw blades
120	Sägen	Cưa	Saws
367	Sägengewinde	Ren dạng hình răng cưa	Buttress screw thread
419	Sanftanlaufgeräte	Máy khởi động mềm (êm, nhẹ nhàng)	Soft-starting machines
532	Satzformat bei NC-Programmen	Định dạng câu lệnh trong chương trình NC	Line format of NC programs
252	Sauerstoffaufblas-Verfahren	Phương pháp thổi oxy để loại các chất đi kèm	Basic oxygen process
225	Sauerstoff-Flasche	Chai (bình, ống) ôxy	Oxygen cylinder
111	Schachtelplan	Biểu đồ lồng	Nesting diagram
537	Schachtelung bei NC-Programmen	Sự lồng vào nhau của các chương trình con (NC)	Nesting of NC programs
455	Schadensanalyse	Phân tích thiệt hại (tổn thất)	Failure analysis
405	Schalenkupplung	Kết nối đĩa côn/Khớp nối với vỏ bóp kẹp	Split coupling
473	Schaltalgebra	Đại số lôgic, đại số Boole	Boolean algebra
462, 470	Schaltdifferenz	Khe vi sai/Bước vi sai	Differential gap
467, 507	Schalter	Công tắc	Switches
488	Schaltpläne, pneumatische	Sơ đồ mạch khí nén	Pneumatic circuit diagrams
484	Schaltzeichen, Wegeventile	Ký hiệu chuyển mạch, van dẫn hướng	Graphical symbols for directional control valves
320	Schaumstoffe	Chất dẻo xốp, chất dẻo bọt, bọt xốp	Foam materials
405	Scheibenkupplung	Ly hợp đĩa, khớp nối đĩa	Disc clutch
293	Scherfestigkeit	Độ bền cắt	Shear strength
103	Scherschneiden	Cắt với kéo hay với khuôn cắt	Shear cutting
105	Scherschneidwerkzeuge	Dụng cụ cắt dập/Dụng cụ cắt ở khuôn cắt, dụng cụ cắt ngang	Shearing tools
137	Scherspäne	Phoi xếp/Phoi liên tục, phoi (mạt) kim loại cắt	Shearing chips
293	Scherversuch	Thử nghiệm cắt	Shear test
323, 326	Schichtverbund	Tổng hợp các lớp	Laminated composites
426	Schieberäder-Getriebe	Truyền động bánh răng trượt/Hộp số với bánh răng trượt	Sliding gear
504	Schlauchleitungen	Ống mềm	Hose pipes
175	Schleifeinflüsse	Các ảnh hưởng khi mài	Effects on grinding results
171, 178	Schleifen	Mài	Grinding
171	Schleifkörper	Đá mài, đĩa mài/Dụng cụ mài	Abrasive tools
178	Schleifmaschinen	Máy mài	Grinding machines
171	Schleifmittel	Vật liệu mài	Grinding agents
419	Schleifringläufer-Asynchronmotoren	Động cơ không đồng bộ dây quấn, động cơ không đồng bộ vành trượt Động cơ không đồng bộ với rôto quấn dây	Slip-ring asynchronous motors
176	Schleifschäden	Thiệt hại trong công đoạn mài/Các hư hỏng trong mài	Grinding damages
173	Schleifscheiben	Đĩa đá mài/Đĩa mài	Grinding wheels
174	Schleifscheiben, Abrichten	Sửa (điều chỉnh, liếc) đĩa đá mài/Đĩa đá mài, liếc đá	Grinding wheel trimming
174	Schleifscheiben, Auswuchten.	Cân bằng đĩa đá mài	Grinding wheel balancing
173	Schleifscheiben, Bezeichnung	Ký hiệu đĩa đá mài	Grinding wheel definitions
172	Schleifscheiben, Bindung	Nối kết hạt trong đĩa đá mài	Grinding wheel bond
173	Schleifscheiben, Gefüge	Tinh thể của đĩa đá mài	Grinding wheel microstructure
173	Schleifscheiben, Härte	Độ cứng của đĩa đá mài	Grinding wheel hardness
177	Schleifverfahren	Phương pháp mài	Grinding techniques
86	Schleudergießen	Đúc ly tâm	Centrifugal casting
144	Schlichten beim Drehen	Tiện tinh, tiện láng	Finish-turning
300	Schliffbild	Ảnh mài, ảnh chụp cấu trúc tế vi	Micrograph
368	Schlitzschrauben	Vít xẻ rãnh	Slotted screw
418	Schlupf bei Elektromotoren	Độ trượt trong động cơ điện	Slip of electric motors
411	Schmalkeilriemen	Đai thang hình V hẹp	Narrow V-belt
209	Schmelzklebstoffe	Keo hàn nhiệt, keo nóng chảy	Hot-melt adhesives
241	Schmelzpunkt	Điểm nóng chảy	Melting point
232, 306	Schmelztauchen	Mạ kim loại nóng Mạ kim loại bằng phương pháp nhúng vào kim loại nóng chảy	Hot-dip metal coating
100	Schmieden	Rèn	Forging
385	Schmierstoffe	Chất bôi trơn	Lubricants

387	Schmierung von Gleitlagern	Bôi trơn bạc trượt/Bôi trơn ổ trượt	Lubrication of plain bearings
393	Schmierung von Wälzlagern	Bôi trơn vòng bi/Bôi trơn ổ bi	Lubrication of roller bearings
208	Schnappverbindungen	Kết nối sập, kết nối tác động nhanh/Kết nối khóa nhanh	Snap connections
416	Schneckentrieb	Truyền động bằng vít vô tận/Truyền động bằng vit xăng phe	Worm drive
103	Schneiden	Cắt	Cutting
108	Schneiden, thermisches	Cắt bằng nhiệt	Thermal cutting
539	Schneidenradiuskompensation (SRK)	Bù bán kính dao cắt (BBKDC) trong gia công/Bù bán kính trong cắt gọt	Cutter radius compensation
112	Schneidkeil	Mũi nêm cắt, nêm cắt, mũi dao/Nêm cắt,mũi dao	Cutting tool wedge
115	Schneidkeramik	Vật liệu cắt bằng gốm	Ceramic cutting material
117	Schneidöl	Dầu cắt	Cutting oil
503	Schneidringverschraubung	Khớp nối ống bằng nhẫn/vòng cắt/Kết nối với vòng lót (hột bắp)	Cutting-ring pipe joint
104	Schneidspalt	Khe hở giữa khuôn (cắt) và chày dập	Die clearance
113	Schneidstoffe, Auswahl	Vật liệu cắt, lựa chọn	Cutting materials, selection
105	Schneidwerkzeuge mit Plattenführung	Công cụ cắt với tấm dẫn hướng	Cutting tools with guide plate
105	Schneidwerkzeuge mit Säulenführung	Công cụ cắt với trụ dẫn hướng	Cutting tools with pillar guide post
105	Schneidwerkzeuge ohne Führung	Dụng cụ cắt không có dẫn hướng	Cutting tools without guiding mechanisms
114, 266	Schnellarbeitsstähle	Thép gió, thép dụng cụ cắt với tốc độ cao	High-speed steels
486	Schnellentlüftungsventil	Van thoát khí nhanh/Van xả gió nhanh	Quick-action ventilating valve
504	Schnellverschlusskupplung	Khớp nối nhanh	Quick connect coupling
145	Schnittkraft, spezifische	Lực cắt riêng	Cutting force, specific
561, 566	Schnittstellen bei Computern	Giao diện của máy tính	Computer interfaces
368	Schrauben	Bu lông, vít/Ốc	Screws and bolts
371	Schrauben, Festigkeitsklassen	Ốc, cấp độ bền, vít, bù long	Screws, property classes
373	Schraubendreher	Chìa vặn vít, cây vặn vít/Cái vặn vít, chìa vít, tuốc nơ vít	Screw drivers
401	Schraubendrehfedern	Lò xo quay xoắn ốc	Helical torque spings
401	Schraubenfedern	Lò xo xoắn ốc (dạng trụ)	Helical springs
366	Schraubenlinie bei Gewinden	Đường xoắn ốc của ren	Helical line of screw threads
399	Schraubenräder	Bánh răng xoắn, bánh răng nghiêng, bánh vít	Helical gear wheels
373	Schraubenschlüssel	Cờ lê, chìa khóa vặn ốc	Spanners
372	Schraubensicherungen	Đệm (long đền) bulông/Đệm hãm ốc, khóa ốc	Screw lockings
321, 368, 373	Schraubenverbindungen	Kết nối ốc, mối nối bu lông, mối ghép bu lông, kết nối bằng bu lông Gắn nối bằng ốc	Screwed connections
480	Schraubenverdichter	Máy nén trục vít	Screw-type compressor
422	Schrittmotor	Động cơ bước	Stepper motor
508	Schütze	Bộ bảo vệ, đóng ngắt/Công tắc bảo vệ, rơ le bảo vệ	Contactors
222	Schutzgasschweißen	Hàn với khí trơ	Inert gas arc welding
578	Schutzisolierung	Lớp cách ly bảo vệ	Protective insulation
579	Schutzklassen	Cấp bậc bảo vệ (thiết bị điện)	Protection classes
578	Schutzkleinspannung	Điện áp an toàn cực thấp	Safety extra-low voltage
580	Schutzmaßnahmen bei elektrischen Anlagen	Các biện pháp bảo vệ trong hệ thống điện	Protective equipment of electrical installations
538	Schutzzone bei der NC-Bearbeitung	Vùng cấm của máy gia công NC	Forbidden areas of NC machines
255	Schwefel, Begleitelement	Lưu huỳnh, chất đi kèm/nguyên tố kèm	Sulphur as accompanying element
244	Schweißbarkeit	Khả năng hàn	Weldability
229	Schweißeignung; Werkstoffe	Tính chịu hàn/phù hợp với hàn của vật liệu	Weldability of materials
217	Schweißen	Hàn	Welding
322	Schweißen von Kunststoffen	Hàn chất dẻo	Welding of plastics
265	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle	Thép xây dựng hạt tinh (với tính) chịu hàn	Weldable fine-grained constructional steels
220	Schweißlichtbogen	Hồ quang hàn điện/Hàn điện hồ quang	Welding arc
218	Schweißnahtarten	Các dạng mối hàn	Weld types
229, 290	Schweißnahtprüfung	Kiểm tra mối hàn	Weld testing
218	Schweißpositionen	Các vị trí hàn	Welding positions
226	Schweißstäbe	Đũa hàn, que hàn	Welding rods
218	Schweißstoß	Cách sắp đặt vị trí mối hàn của vật được hàn với nhau	Weld joint
219, 220	Schweißstromquellen	Nguồn điện hàn	Welding current sources
229	Schweißverfahren, Anwendungen	Các phương pháp hàn, những ứng dụng	Welding techniques, applications
217	Schweißverfahren, Übersicht	Các kỹ thuật hàn, tổng quát	Welding techniques, general survey
95	Schwenkbiegen	Gấp, uốn nếp/Bẻ cạnh	Folding
197	Schwenkspanner	Đai kẹp xoay	Swivelling clamp
503	Schwenkverschraubungen	Mối nối đinh ốc có thể gập được/Vặn ống nối chuyển hướng (bằng răng ốc)	Swivelling screw joints
496	Schwerentflammbare Flüssigkeiten	Chất lỏng khó bắt lửa/Chất lỏng khó cháy	Hardly inflammable liquids
270	Schwermetalle	Kim loại nặng	Heavy metals
86	Schwindmaße	Độ co rút/Độ co ngót	Shrinkage allowances
370	Sechskantmuttern	Đai ốc sáu cạnh/Tán lục giác	Hexagonal nuts
368	Sechskantschrauben	Ốc, vít (đầu) sáu cạnh/vít, bu lông đầu lục giác	Hexagonal screws and bolts

91	Seigerungen	Sự chia tách, thiên tích Thay đổi thành phần do thay đổi hòa hợp theo nhiệt độ	Segregations
493	Selbsthaltesteuerung	Mạch tự giữ, mạch tự lưu	Self-holding circuit
518	Selbsthaltung (SPS)	Tự giữ (Điều khiển lôgic lập trình), tự lưu (PLC)	Self-holding (PLC)
131	Senken	Lã/Sự khoét loe, sự tiện rãnh trong, tiện lã	Countersinking
192	Senkerodieren	Lã bằng tia lửa điện/Khoét loe bằng tia lửa điện, ăn xói mòn khuôn chìm	Spark-erosive countersinking
151	Senkrechtdrehmaschinen	Máy tiện đứng	Vertical lathes
368	Senkschrauben	Vít đầu lã	Flat head screws
468	Sensoren	Bộ cảm biến	Sensors
422	Servomotoren	Động cơ trợ động (trợ lực), động cơ tùy động	Servomotors
372	Setzsicherungen	Khóa chống long (mở) kết nối /Đệm chẻ, đệm răng	Screw-setting locks
363	Sicherheitseinrichtungen bei Maschinen	Các bộ phận an toàn của máy	Safety equipment of machines
428	Sicherheitskupplungen	Bộ ly hợp an toàn	Safety clutches
83	Sicherheitsmaßnahmen	Các biện pháp an toàn	Safety precautions
225	Sicherheitsvorlagen	Thiết bị đệm an toàn cho các bình khí	Safety seals
457	Sicherheitszahl	Hệ số an toàn	Safety factor
82	Sicherheitszeichen	Dấu hiệu an toàn	Safety signs and symbols
576	Sicherungen, elektrische	Cầu chì an toàn, điện	Safety fuses, electrical
466	Signalarten	Các loại tín hiệu	Type of signal
465, 514	Signalausgabe	Tín hiệu đầu ra	Signal output
465, 514	Signaleingabe	Tín hiệu đầu vào	Signal input
466	Signalglieder	Các thành phần tín hiệu/Phần tử phát tín hiệu	Signal elements
517	Signalinvertierung	Sự đảo tín hiệu	Signal inversion
465, 514	Signalverarbeitung	Xử lý tín hiệu	Signal processing
255	Silicium, Begleitelement	Silicon, chất đi kèm/nguyên tố kèm	Silicon as accompanying element
276	Siliciumkarbid-Keramik	Gốm chứa silic cacbua	Silicon carbide ceramics
276	Siliciumnitirid-Keramik	Gốm chứa silic nitrat	Silicon nitride ceramics
313	Silikon-Gummi (SIR)	Cao su silic	Silicone rubber (SIR)
273	Sintern	Thiêu kết, nung kết	Sintering
273	Sinterschmieden	Rèn thiêu kết, rèn nung kết	Sinter forging
558	Software	Phần mềm	Software
461	Sollwert bei Regelungen	Giá trị định mức trong điều chỉnh/Giá trị cần đạt được trong điều chỉnh	Set value of closed-loop controls
137	Spanarten	Các kiểu, loại phoi	Chip types
112	Spanende Formgebung, Grundlagen	Gia công định hình lấy phoi, những cơ bản/ Gia công có phoi, những cơ bản	Chipping machining, fundamentals
137	Spanformen	Các dạng phoi/Các dạng phoi cấu hình	Chip forms
138	Spanformschaubild	Biểu đồ phoi /Sơ đồ (đồ thị) các dạng phoi	Chip form diagram
150	Spanndorn	Trục kẹp lỗ	Draw-in arbor
200	Spannelement, hydraulisches	Đai kẹp thủy lực	Hydraulic clamping fixture
197	Spannen, hydraulisch	Kẹp thủy lực	Hydraulic clamping
196	Spannen, magnetisch	Kẹp từ	Magnetic clamping
194	Spannen, mechanisch	Kẹp cơ	Mechanical clamping
207	Spannen, pneumatisch	Kẹp khí nén	Pneumatic clamping
150	Spannkopf	Đầu kẹp	Draw-in head
149	Spannkraft beim Drehen	Lực kẹp trong tiện	Holding force in turning
200	Spannpratze, Fertigungsbeispiel	Mỏ kẹp cào, thí dụ chế tạo Bệ kẹp, thí dụ chế tạo	Workholding bracket, a manufacturing example
569	Spannung, elektrische	Điện áp	Voltage
456	Spannung, mechanische	Ứng suất cơ học	Mechanical stress
457	Spannung, zulässige	Ứng suất cho phép	Admissible stress
280	Spannungsarmglühen	Ram giảm ứng suất	Stress relief anneal
291	Spannungs-Dehnungs-Diagramm	Biểu đồ ứng suất-biến dạng Giản đồ ứng suất - độ giãn	Stress-strain diagram
371	Spannungsquerschnitt	Tiết diện chịu ứng suất	Stressed cross section
302	Spannungsreihe der Metalle	Dãy điện áp của kim loại (Elektrode)	Electromotive series of metals
303	Spannungsrisskorrosion	Nứt do ứng suất ăn mòn/Ăn mòn nứt do ứng suất	Stress corrosion cracking
193	Spannvorrichtungen	Gá kẹp	Clamping fixtures
150	Spannzange	Kẹp rút	Collet chuck
197	Spannzylinder	Xi lanh kẹp	Clamping cylinder
122, 135	Spanungsgrößen	Các thông số gia công cắt gọt	Chipping parameters
112	Spanwinkel	Góc tạo phoi, góc phụ/Góc cắt, góc cắt chân răng, góc trước của dao	Chipping angle
511	Speicherprogrammierbare Steuerungen	Điều khiển lập trình có bộ nhớ/Điều khiển lôgic lập trình	Programmable logic control
485, 500	Sperrventile	Van một chiều, van chặn, van khóa/Van cản, van đóng	Non-return valves
44	Spiel, Höchst-	Độ hở cực đại/Độ hở lớn nhất	Maximum clearance
44	Spiel, Mindest-	Độ hở cực tiểu/Độ hở nhỏ nhất	Minimum clearance
404	Spindeln	Con quay, trục quay, trục spinđen	Spindles
151	Spindelstock	Ụ trước, đầu máy tiện/Bệ đỡ trục quay	Headstock
123	Spiralbohrer	Lưỡi khoan xoắn	Twist drills
127	Spiralsenker	Lưỡi lã xoắn	Spiral countersinks
367	Spitzgewinde	Ren nhọn, hình chữ v	V-shaped screw threads
133	Spreizreibahlen	Lưỡi doa điều chỉnh/Mũi doa mở rộng, mũi doa bung	Expansion reamers
317	Spritzgießen	Đúc phun, đúc áp lực	Injection moulding

317	Spritzgießmaschine	Máy đúc áp lực	Injection moulding machine
231	Spritzlackieren	Sơn phun/Thổi sơn, sơn xịt	Spray painting
232	Spritzlackieren, Thermisches	Sơn phun nhiệt	Thermal spray painting
242	Sprödigkeit	Độ giòn, sự giòn, bở, dễ vỡ, độ dễ gãy	Brittleness
462	Sprungantwort bei Reglern	Bước phản hồi (đáp ứng) nhảy bật trong bộ phận điều chỉnh Đáp ứng bước nhảy trong điều khiển, Hồi đáp đột ngột	Step response of controllers
511	SPS	Điều khiển lôgic lập trình được, điều khiển theo chương trình nhớ sẵn Điều khiển lôgic có thể lập trình, điều khiển lập trình có bộ nhớ	PLC
220	Stabelektroden	Điện cực thanh	Stick electrodes
251	Stahl und Eisen-Gusswerkstoffe	Thép và hợp kim gang (gang đúc)	Steel and iron casting alloys
252	Stahl, Herstellung	Thép, chế tạo	Steel making
253	Stahl, Nachbehandlung	Thép, xử lý lại/Thép sau xử lý	Steel, after-treatment
254	Stahl, Verarbeiten zu Halbzeugen	Thép, gia công bán thành phẩm	Steel, manufacture of semi-finished products
254	Stahl, Vergießen	Thép, đổ khuôn	Steel casting
266	Stahlbleche	Thép lá	Steel sheets
260	Stähle, Bezeichnungssystem	Thép, hệ thống ký hiệu	Steels, identification codes
264	Stähle, Einteilung	Thép, phân loại	Steels, classification
266	Stähle, kaltzähe	Thép giữ được độ dai trong nhiệt độ lạnh (nhiệt độ thấp) Thép dẻo ở nhiệt độ thấp	Low-temperature steels
264	Stähle, legierte	Thép hợp kim	Alloy steels
264, 266	Stähle, nichtrostende	Thép không gỉ/Thép inox	Stainless steels
264	Stähle, unlegierte	Thép carbon, thép thông thường	Plain carbon steels
266	Stähle, warmfeste	Thép nhiệt độ cao/Thép chịu nhiệt	High-temperature steels
259	Stahlguss	Thép đúc	Cast steel
65	Standardabweichung	Độ lệch chuẩn, sai số chuẩn/Độ lệch tiêu chuẩn	Standard deviation
565	Standardsoftware	Phần mềm chuẩn	Standard software
139	Standzeit	Tuổi thọ, tuổi bền, thời gian sử dụng	Service life
379	Stanznieten	Đinh tán dập	Stamped rivets
76	Statistische Prozesslenkung	Định hướng quy trình gia công qua thống kê	Statistical process control
76	Statistische Prozessregelung	Điều chỉnh quy trình bằng thống kê SPC	Statistical process control SPC
468	Staudüsen	Cảm biến nghịch áp	Back-pressure sensors
147	Stechdrehmeißel	Dao tiện chích rãnh	Parting-off tool
541	Steckplätze bei Computern	Khe cắm của máy tính	Computer slots
315	Steifigkeit von Kunststoffen	Độ cứng của chất dẻo/Độ cứng kết cấu	Stiffness of plastics
366	Steigung bei Gewinden	Bước ren	thread pitch
459, 465	Stellglieder	Các phần tử (thành phần, thiết bị, cơ phận, cơ cấu) điều khiển (điều chỉnh)/Cơ cấu tác động	Final control elements
459, 461	Stellgröße	Biến điều khiển, thông số chỉnh/Trị số tác động, đại lượng tác động	Manipulated quantity
467	Stellschalter	Nút bật chuyển mạch/Công tắc chuyển mạch cung cấp một tín hiệu liên tục	Maintained-contact switch
382	Sternscheiben-Verbindungen	Kết nối bằng đệm khía Kết nối bằng lực với vòng đệm hình sao, mối nối hình sao	Star washer connections
473	Steuerglieder	Những phần tử điều khiển	Control elements
459	Steuergröße	Trị số điều khiển, giá trị điều khiển, lượng điều khiển	Control quantity
459	Steuerkette	Vòng điều khiển /Vòng điều khiển mở, chuỗi điều khiển mở	Open control loop
459	Steuerstrecke	Đoạn (đường) được điều khiển mở	Controlled system
465	Steuerung, grundsätzlicher Aufbau	Điều khiển, cấu trúc cơ bản	Control systems, fundamental structure
460, 511	Steuerung, peicherprogrammiert	Điều khiển theo chương trình nhớ sẵn/Điều khiển lôgic lập trình được	Programmable logical control
460	Steuerung, verbindungsprogrammiert	Điều khiển qua kết nối cố định	Hard-wired programmed control
529	Steuerungen, CNC	Hệ thống điều khiển số với sự hỗ trợ của máy tính Hệ thống điều khiển số bằng máy tính	Numeric control system
507	Steuerungen, elektrische	Điều khiển điện	Electrical controllers
504	Steuerungen, elektrohydraulische	Điều khiển điện-thủy lực	Electrohydraulic controllers
491	Steuerungen, elektropneumatische	Điều khiển điện-khí nén	Electropneumatic controllers
496	Steuerungen, hydraulische	Điều khiển thủy lực	Hydraulic controllers
479	Steuerungen, pneumatische	Điều khiển bằng khí nén	Pneumatic controllers
511	Steuerungen, speicherprogrammierte	Điều khiển có thể lập trình	Programmable logical controllers
529	Steuerungsarten (NC)	Các loại điều khiển (kỹ thuật số)	Controller types (NC)
465	Steuerungsaufgaben, Grundlagen zur Lösung	Những nguyên tắc cơ bản của giải pháp cho các công việc điều khiển	Basic principles of solutions to control tasks
466	Steuerungskomponente	Các thành phần điều khiển	Control components
459	Steuerungstechnik	Kỹ thuật điều khiển	Control engineering
63	Stichprobenprüfung	Sự thử mẫu ngẫu nhiên, sự thử lô, sự kiểm tra lấy mẫu	Sampling inspection
255	Stickstoff, Begleitelement	Nitơ, chất đi kèm, nguyên liệu kèm	Nitrogen as accompanying element
376	Stifte	Bu lông/Chốt	Pins
369	Stiftschrauben	Gu jông, vít cấy, bu lông có đầu/Bù long có ren ở hai đầu	Studs
376	Stiftverbindungen	Kết nối chốt/Mối ghép chốt	Pin connections
415	Stirnräder	Bánh răng trụ, thẳng/Bánh răng trụ, răng thẳng	Spur wheels
381	Stirnzahn-Verbindungen	Nối kết bằng bánh răng	Radial tooth connections

334	Stoffarten	Các loại vật liệu	Types of material
334	Stoffbilanz	Cân bằng chất (nguyên liệu) trong hệ thống	Material balance
85	Stoffeigenschaftsändern	Thay đổi tính chất vật liệu	Modification of inherent properties of matter
205	Stoffschluss-Verbindungen	Kết nối bằng vật liệu (hàn, hàn vảy, dán)	Metallurgical and adhesive joints
461	Störgröße	Các đại lượng (tham số) gây nhiễu/Biến gây nhiễu	Disturbance
357	Störstellenbeseitigung an Maschinen	Loại bỏ sự cố tại máy	Troubleshooting at machines
108	Strahlschneiden	Cắt bằng tia (nước, điện cực, laser, plasma...)	Beam cutting
227	Strahlschweißen	Hàn bằng tia sáng/Hàn	Beam welding
86	Stranggießen	Đúc ép liên tục/Đúc ép đùn liên tục	Continuous casting
254	Strangguss	Gang đúc bằng phương pháp đúc ép liên tục/Đúc liên tục	Continuously cast material
101	Strangpressen	Ép đùn, ép đúc liên tục	Extruding
563	Streamer	Thiết bị băng từ	Streamer
529	Streckensteuerung	Hệ thống điều khiển chặng/Hệ thống điều khiển đoạn (đường) thẳng	Line-motion control systems
243, 292	Streckgrenze	Giới hạn chảy, giới hạn đàn hồi	Yield point
570	Strom, elektrischer	Dòng điện	Electric current
569	Stromkreis	Mạch điện	Electric circuit
509	Stromlaufplan	Sơ đồ mạch điện/Sơ đồ đấu dây, sơ đồ đi dây	Circuit diagram
502	Stromregelventile	Van chỉnh lưu/Van điều chỉnh dòng chảy	Flow control valves
486, 501	Stromventile	Van dòng, van lưu lượng/Van điều chỉnh dung lượng	Volume-control valves
404?	Stromwender	Bộ đảo chiều dòng (điện)	Commutator
323	Strukturverbund	Vật liệu phức hợp gồm các thành phần ghép vào chung một cấu trúc	Structural composites
384	Stütz- und Trageinheiten	Bộ phận đỡ và mang	Supporting and holding components
313	Styrol-Butadien-Gummi (SBR)	Cao su styrol butadien/Cao su tổng hợp	Styrene-butadiene rubber (SBR)
420	Synchronmotoren	Động cơ đồng bộ	Synchronous motors
411	Synchronriemen	Đai đồng bộ, đai có răng	Synchronous belts
422	Synchron-Servomotoren	Động cơ trợ động đồng bộ	Synchronous servomotors
308	Synthese	Tổng hợp	Synthesis
386	Synthetische Öle	Dầu tổng hợp	Synthetic oils
127	Systemwerkzeuge beim Bohren	Dụng cụ hệ thống ở khoan/Hệ thống dụng cụ khoan	System tools for drilling
565	Tabellenkalkulation	Bảng tính	Spreadsheets
461, 464	Tachogenerator	Máy đo tốc độ vòng quay/Vận tốc kế	Tachometer generator
103	Tafelscheren	Kéo cắt tấm	Plate shears
560	Taktfrequenz	Tần số xung nhịp	Clock frequency
560	Taktgenerator	Máy phát tín hiệu đồng hồ, máy phát tín hiệu giữ nhịp/Bộ tạo xung nhịp	Timing generator
548	Taschenfräszyklus	Chu trình phay lỗ hình túi	Pocketing cycle
507	Taster	Núm bấm	Push-button switch
467	Tastschalter	Nút nhấn chuyển mạch (chỉ cho ra 1 tín hiệu ngắn)	Momentary-contact switch
213	Tauchlöten	Hàn vảy nhúng	Dip soldering
378	Taumelnieten	Tán ri vê theo chiều vòng tròn	Wobble riveting
402	Tellerfedern	Lò xo đĩa	Disc springs
258	Temperguss	Gang dẻo	Malleable cast iron
566	Textverarbeitung	Xử lý văn bản	Word processing
108	Thermisches Schneiden	Cắt bằng nhiệt	Thermal cutting
310	Thermoplaste	Chất dẻo chịu nhiệt, chất dẻo nhiệt	Thermoplastics
128	Tiefbohren	Khoan sâu	Deep drilling
128	Tieflochbohren	Khoan lỗ sâu	Deep-hole drilling
178	Tiefschleifen	Mài sâu	Deep grinding
194	Tiefspanner	Bộ kẹp sâu	Flat workpiece fixtures
290	Tiefungsversuch	Thử nghiệm vuốt sâu	Cupping test
96	Tiefziehen	Sự thúc sâu, vuốt sâu	Deep drawing
256	Tiegelofen	Lò nồi/Lò nồi quay	Crucible furnace
269	Titan	Titan	Titanium
40	Toleranzen	Dung sai	Tolerances
43	Toleranzfeld	Miền dung sai	Tolerance field
42	Toleranzgrad	Cấp dung sai/Cấp chính xác (cấp dung sai tiêu chuẩn)	Tolerance grade
42	Toleranzklasse	Bậc dung sai	Tolerance class
406	Topfgelenk	Mấu nối có bi/Khớp cacđăng có bi	Pot joint
335	Transportsysteme	Hệ thống vận chuyển	Transfer systems
367	Trapezgewinde	Ren hình thang	Trapezoidal screw threads
431	Trapezgewindespindel-Antriebe	Bộ truyền động có trục quay với ren hình thang	Acme-thread spindle drives
85	Trennen, Definition	Các phương pháp cắt đứt (phân chia), định nghĩa/Tách rời, định nghĩa	Cutting operations, definitions
119	Trockenbearbeitung	Gia công khô	Dry machining
480	Überdruck	Áp suất trên (trên áp suất khí quyển), áp suất dương, áp suất dư Áp suất vượt trên áp suất khí quyển	Pressure above atmospheric
462	Übergangsfunktion	Hàm chuyển tiếp, chức năng chuyển tiếp	Transient function
45	Übergangspassung	Lắp ghép trung gian	Transition fits
44	Übermaß, Höchst-	Độ dôi lớn nhất	Maximum deviation
44	Übermaß, Mindest-	Độ dôi nhỏ nhất	Minimum oversize
44	Übermaßpassung	Lắp ghép có độ dôi	Negative allowance fits
354	Überwurfmuttern	Đai ốc nối, đai ốc ren, đai ốc liên kết	Spigot nuts
299	Ultraschallprüfung	Kiểm tra bằng siêu âm	Ultrasonic testing
322	Ultraschallschweißen	Hàn bằng siêu âm	Ultrasonic welding

392	Umfangslast bei Wälzlagern	Tải chu vi của vòng bi, lực tải tác dụng chu vi của vòng bi Tải chu vi của ổ (bợ, bạc) lăn	Circumferential load of roller bearings
244	Umformbarkeit	Khả năng biến dạng	Plasticity
84	Umformen	Biến dạng/Tạo dạng	Forming
102	Umformmaschinen	Máy gia công biến dạng (định dạng)/Máy tạo hình dạng	Forming machines
392	Umlaufverhältnisse bei Wälzlagern	Tương quan giữa chuyển động và hướng tải Sự di chuyển của vòng ổ lăn trong quan hệ với hướng chịu tải.	Circulation ratios of roller bearings
253	Umschmelzverfahren	Phương pháp nung chảy lại để tinh lọc kim loại/ Phương pháp luyện tinh lọc	Refining process
327	Umweltbelastung	Sự tác động vào môi trường	Environmental pollution
327	Umweltproblematik der Werk- und Hilfsstoffe	Vấn đề môi trường của vật liệu và chất phụ trợ	Environmental problems of materials and process materials
233	Umweltschutz in der Fertigung	Bảo vệ môi trường trong chế tạo	Environmental protection in manufacture
245	Umweltverträglichkeit	Tính tương hợp với môi trường/Khả năng tương thích với môi trường	Environmentally sound materials and processes
253	Unberuhigt vergossener Stahl	Thép đúc sôi, thép sôi/Đúc không chuẩn, không êm	Unkilled steel casting
521	UND vor ODER	AND trước ODER	AND before ODER
473	UND-Verknüpfung	Phép toán AND, Cổng logic VÀ, Cổng logic AND	AND operation
83	Unfallursachen	Nguyên nhân tai nạn	Accident causes
312	Ungesättigte Polyesterharze (UP)	Keo polyester chưa no (UP)/Keo polyester chưa bão hòa (UP)	Unsaturated polyester resin (UP)
152	Universaldrehmaschine	Máy tiện đa năng/Máy tiện vạn năng	Universal turning lathe
168	Universalfräsmaschine	Máy phay đa năng/Máy phay vạn năng	Universal milling machine
420	Universalmotoren	Động cơ đa năng	Universal motors
291	Universalprüfmaschine	Máy kiểm tra đa năng	Universal testing machine
537	Unterprogramm (NC)	Chương trình con, chương trình phụ	Subprogram (NC)
320	Urformen von Duroplasten	Tạo hình của chất dẻo nhiệt rắn/Đổ khuôn chất dẻo nhiệt rắn	Primary forming of thermosetting plastics
320	Urformen von Elastomeren	Tạo hình chất đàn hồi	Primary forming of elastomers
320	Urformen von Schaumstoffen	Tạo hình chất dạng bọt/Đổ khuôn chất xốp	Primary forming of foam materials
316	Urformen von Thermoplasten	Tạo hình chất dẻo nhiệt	Primary forming of thermoplastics
84	Urformen, Definition	(Sự) tạo hình, định nghĩa	Primary forming, definitions
84	Urformen, Übersicht	Tạo hình, tổng quát	Primary forming, general survey
77	Urwertkarte	Bảng dữ liệu gốc/Bảng trị số gốc	Original data chart
561	USB	USB (Bus nối tiếp đa năng)/Chuẩn kết nối tuần tự trong máy tính. USB sử dụng để kết nối các thiết bị ngoại vi với máy tính	Universal serial bus (USB)
253	Vakuumbehandlung des Stahls	Xử lý chân không cho thép	Vacuum treatment of steel
88	Vakuumformen	Phương pháp đúc, tạo khuôn chân không	Vacuum moulding process
321	Vakuumtiefziehen	Phương pháp thúc sâu chân không	Vacuum straight forming
255	Vanadium, Legierungselement	Vanadium, thành phần hợp kim	Vanadium as alloying element
580	VDE-Bestimmungen	Những quy định của VDE (Hiệp Hội Kỹ Sư Điện Đức)	Regulations by the Association of German Electrotechnical Engineers VDE
500	Ventile, hydraulische	Van thủy lực	Hydraulic valves
484	Ventile, pneumatische	Van khí nén	Pneumatic valves
360	Verbindungseinheiten	Đơn vị kết nối	Joints and fastening units
511	Verbindungsprogrammierte Steuerungen	Điều khiển theo chương trình bằng kết nối cố định (thí dụ đường ống, dây dẫn)	Hard-wired programmed controllers
82	Verbotszeichen	Dấu hiệu cấm	Prohibitive signs
323	Verbundwerkstoffe	(Vật liệu) compozit, chất phức hợp, vật liệu hỗn hợp, vật liệu liên kết, vật liệu kết hợp/Vật liệu kết nối (ráp nối)	Composite materials
335, 462	Verdichter	Máy nén/Máy nén ép	Compressor
247	Verformbarkeit der Metalle	Khả năng biến dạng của kim loại	Ductility of metals
242	Verformung, elastische	Biến dạng đàn hồi	Elastic deformation
242	Verformung, plastische	Biến dạng dẻo	Plastic deformation
285	Vergüten	Ủ, ủ hóa tốt/Ủ nâng phẩm	Quenching and tempering
285	Vergütungsschaubild	Biểu đồ ủ/Biểu đồ nâng phẩm	Heat treatment diagram
265	Vergütungsstähle	Thép nhiệt luyện, thép cải thiện qua xử lý nhiệt Thép nâng phẩm, thép hóa tốt	Quenched and tempered steels
286	Vergütungsstähle, Wärmebehandlung	Thép nhiệt luyện, xử lý nhiệt/Nhiệt luyện thép nâng phẩm	Quenched and tempered steels, heat treatment
473	Verknüpfungen, logische	Phép toán logic	Logic operations
460, 511	Verknüpfungssteuerungen	Điều khiển kết hợp lôgic	Logic controllers
371	Verliersicherungen	Khóa chống long (mở) kết nối, đệm ngăn vít/đai ốc không bị long Cơ phận giữ kết nối ốc không bị long (mở) ra	Captive screw lockings
140	Verschleiß beim Drehen	Hao mòn trong tiện/Dao tiện mòn	Wear in turning
158	Verschleiß beim Fräsen	Hao mòn trong phay/Dao phay mòn	Wear in milling
139, 243	Verschleißarten	Các dạng ăn mòn	Kinds of wear
113	Verschleißfestigkeit	Sức chống mài mòn, độ chống mòn, độ bền mài mòn/Sức chịu ăn mòn	Wear resistance
139	Verschleißursachen	Các nguyên nhân ăn mòn	Causes of wear
483	Verstellmotor	Động cơ điều chỉnh được	Variable-displacement motor
497	Verstellpumpen	Bơm có thể điều chỉnh được, bơm cung cấp thay đổi Bơm điều chỉnh khoảng chạy	Variable-displacement pumps
415	Verzahnungsarten	Các loại cắt răng	Toothing types
302	Verzunderung	Ăn mòn ở nhiệt độ cao (phôi bị oxid hóa)/Sét gỉ khi nóng	Oxide scaling

245	Verzunderungsbeständigkeit	Khả năng chống ăn mòn ở nhiệt độ cao (phôi bị oxid hóa)	Oxide scaling resistance
314	Vicat-Härteprüfung	Kiểm tra độ cứng theo Vicat	Vicat hardness test
294	Vickershärte	Độ cứng theo Vickers	Vickers hardness
385	Viskosität	Độ nhớt, độ nhờn/Độ dai	Viscosity
89	Vollformgießen	Đúc với khuôn nguyên hình tự hủy/Đúc nguyên khối	Lost foam casting process
125	Vollhartmetallbohrer	Mũi khoan toàn bộ bằng hợp kim cứng Mũi khoan bằng hợp kim cứng toàn bộ	Solid carbide drill
390	Vollkeramiklager	Ổ trục toàn bộ bằng gốm (bi+vòng bi)/Ổ (bạc, bợ) toàn bằng gốm	Solid ceramic bearing
569	Volt	Volt, đơn vị điện áp	Volt
334	Volumenstrom	Lưu lượng theo thể tích tính theo đơn vị thời gian	Volume flow
381	Vorgespannte Formschluss-Verbindungen	Kết nối dạng khớp có tải trước	Prestressed positive joints
193	Vorrichtungen	Gá, lắp	Jigs and fixtures
152	Vorschub bei Drehmaschinen	Dẫn tiến trong máy tiện/Bước tiến máy tiện	Feed of turning lathes
524	Vorschub bei NC-Maschinen	Dẫn tiến trong máy gia công NC/Bước tiến máy tiện NC	Feed of NC machines
431	Vorschubantriebe	Bộ dẫn động dẫn tiến/Bộ truyền động bước tiến	Feed drives
504	Vorschubsteuerungen	Điều khiển dẫn tiến/Điều chỉnh bước tiến	Feed rate control
359	Vorspannkraft bei Schrauben	Lực siết (lực kéo)/Ứng lực ban đầu (có trước, căng trước) của ốc, vít	Pretensioning force of screws
47	Vorzugsreihen bei Passungen	Dãy ưu tiên trong lắp ghép	Preferred series of fits
64	Wahrscheinlichkeit	Xác suất	Probability
74	Wahrscheinlichkeitsnetz	Mạng xác suất, đồ thị phân tích sự kiểm tra mẫu thử	Probability network
416	Wälzfräsen von Zahnrädern	Phay lăn răng	Hobbing of toothed wheels
397	Wälzführungen	Dẫn hướng bằng con lăn	Anti-friction guideways
390	Wälzlager	Bạc đạn, vòng bi,ổ bi/Bạc (bợ,ổ) lăn	Roller bearings
385	Wälzreibung	Ma sát lăn	Combined sliding and rolling friction
266	Warmarbeitsstähle	Thép làm khuôn gia công nóng/Thép dụng cụ gia công nóng	Hot-work steels
288	Warmbadhärten	Tôi (trui) trong bể nóng/Tôi (trui) bể	Martempering
277	Wärmebehandlung der Metalle	Xử lý nhiệt của kim loại	Heat treatment of metals
289	Wärmebehandlung einer Spannpratze	Xử lý nhiệt của đài kẹp (tấm kẹp, mỏ kẹp)	Heat treatment of a workholding bracket
280	Wärmebehandlungsarten	Các dạng xử lý nhiệt/Các loại nhiệt luyện	Heat treatment
113	Warmhärte	Độ cứng nóng/Độ cứng mà dụng cụ chịu được ở nhiệt độ cao	Hot hardness
90	Warmkammer-Verfahren	Phương pháp đúc với buồng áp suất ở trong kim loại nóng chảy Phương pháp đúc trong buồng nhiệt	Hot-chamber die-casting process
563	Warmstart	Khởi động nóng	Hot start
92	Warmumformen	Biến dạng nóng	Hot forming
321	Warmumformen von Thermoplast-Halbzeugen	Biến dạng nóng của bán thành phẩm nhựa dẻo nhiệt	Hot forming of semi-finished thermoplastic products
82	Warnzeichen	Dấu hiệu báo động/Dấu hiệu cảnh báo	Warning signs
445	Wartung	Bảo trì/Bảo dưỡng	Maintenance
446	Wartungsplan	Kế hoạch bảo trì	Maintenance plan
111	Wasserstrahl-Schneiden	Cắt bằng tia nước	Water-jet cutting
456	Wechselbelastung	Ứng suất đổi chiều/Ứng suất đổi dấu	Alternating stress
574	Wechselstrom	Điện xoay chiều	Alternating current
223	Wechselstromschweißen	Hàn bằng điện xoay chiều	AC welding
485	Wechselventile	Van chuyển đổi	Shuttle valves
507	Wechsler	Công tắc hai vị trí, công tắc chuyển đổi/Bộ hoán chuyển	Change-over contact
532	Wegbedingungen	Lệnh dịch chuyển (điều kiện dịch chuyển) xác định loại chuyển động (Chức năng G trong NC)	Preparatory functions
500	Wegeventile, hydraulische	Van dẫn hướng (van đảo chiều) thủy lực/ Van điều khiển thủy lực, van đảo chiều	Hydraulic directional control valves
484	Wegeventile, pneumatische	Van dẫn hướng (van đảo chiều) khí nén/Van điều khiển khí nén	Pneumatic directional control valves
500	Wegeventile, vorgesteuerte	Van dẫn hướng được dẫn động/Van điều khiển được dẫn động	Pilot-actuated directional control valves
524	Wegmesssysteme (NC)	Hệ đo quãng đường (hành trình), hệ thống đo đường di chuyển	Position measuring systems (NC)
460	Wegplansteuerung	Điều khiển trình tự gia công theo kế hoạch định trước/Dạng điều khiển trình tự theo quá trình, trong đó điều kiện tiếp tục vận hành chỉ dựa vào tín hiệu phụ thuộc theo hành trình của thiết bị được điều khiển (DIN 19237)	Position-scheduled control
280	Weichglühen	Ủ mềm (nhiệt độ từ 6800 - 7500C)/Nung, ủ	Spheroidizing anneal
214	Weichlote	Thuốc hàn mềm, chất hàn vảy, chất hàn mềm	Soft solders
213	Weichlöten	Hàn vảy mềm	Soft-soldering
403	Wellen	Trục, cốt, láp/Trục truyền động	Shafts
380	Welle-Nabe-Verbindungen	Nối kết trục-đùm/Kết nối trục-bạc	Shaft-hub connections
383	Wellensicherungen	Chặn ăn toàn cho trục/Khóa chặn trục	Shaft lockings
141, 326	Wendeschneidplatten	Mảnh dao cắt trở bề	Indexable inserts
551	Werkstattprogrammierung	Lập trình CNC và nhập liệu trực tiếp tại máy (xưởng)	Shop-floor programming
240	Werkstoffe, Auswahl	Lựa chọn vật liệu	Selection of materials
240	Werkstoffe, Eigenschaften	Tính chất của vật liệu	Properties of materials
239	Werkstoffe, Einteilung	Phân loại vật liệu	Classification of materials
292	Werkstoffe, Kennwerte	Các tham số (thông số) đặc trưng của vật liệu	Characteristic values of materials
238	Werkstoffe, Übersicht	Tổng quát vật liệu	General survey of materials
262	Werkstoffnummern, Gusseisen	Mã vật liệu, gang	Material codes, cast iron
269	Werkstoffnummern, NE-Metalle	Mã vật liệu, kim loại màu	Material codes, non-ferrous metals
262	Werkstoffnummern, Stähle	Mã vật liệu, thép	Material codes, steels

290	Werkstoffprüfungen	Kiểm tra vật liệu	Material testing
238, 328	Werkstofftechnik	Kỹ thuật vật liệu	Materials science
528	Werkstücknullpunkt	Điểm gốc phôi gia công	Workpiece zero
149	Werkstückspannung beim Drehen	Kẹp phôi trong tiện	Work holding in turning operations
538	Werkzeug (NC), Aufruf	Lệnh gọi (điều khiển) dụng cụ trong NC	Tool function (NC)
547	Werkzeug-Bahnkorrektur	Hiệu chỉnh đường đi của dụng cụ (cắt gọt)	Tool path compensation
530	Werkzeugkorrekturen	Chỉnh dụng cụ	Tool compensations
336	Werkzeugmaschinen	Máy công cụ	Machine tools
357	Werkzeugmaschinen, Abnahme	Nghiệm thu máy công cụ	Acceptance of machine tools
355	Werkzeugmaschinen, Aufstellung	Lắp đặt máy công cụ	Installation of machine tools
266	Werkzeugstähle	Thép dụng cụ	Tool steels
127	Werkzeugsysteme beim Bohren	Hệ thống dụng cụ trong khoan	Tool systems for drilling operations
141	Werkzeugsysteme beim Drehen	Hệ thống dụng cụ trong tiện	Tool systems for turning operations
538	Werkzeugträger-Bezugspunkt	Điểm chuẩn giá mang dụng cụ Điểm chuẩn (điểm mốc, điểm quy chiếu, điểm tựa) của giá đỡ dụng cụ	Workpiece holder reference point
530	Werkzeug-Vermessung	Đo đạc dụng cụ	Tool gauging
141	Werkzeugwahl beim Drehen	Lựa chọn dụng cụ trong tiện	Tool selection in turning
473	Wertetabelle	Bảng dữ liệu, bảng số liệu	Primary data
571	Widerstand, elektrischer	Điện trở	Electrical resistance
228	Widerstandspressschweißen	Hàn ép điện trở	Resistance pressure welding
223	WIG-Schweißen	Hàn WIG, hàn với khí trộn Argon, Helium/Hàn với điện cực bằng Wolfram	TIG welding
564	WINDOWS	Hệ điều hành WINDOWS	WINDOWS® operating system (OS)
52	Winkelprüfung	Kiểm tra góc	Checking of angles
332	Wirkungsgrad	Hiệu quả	Efficiency
298	Wöhlerkurve	Biểu đồ Wöhler	Stress-number curve (Woehler curve)
255	Wolfram, Legierungselement	Wolfram, thành phần của hợp kim	Tungsten as alloying element
224	Wolfram-Plasmaschweißen	Hàn plasma-Wolfram	Tungsten plasma welding
551	WOP	Hệ lập trình WOP (Werkstatt-Orientiertes-Programmieren), lập trình định hướng theo xưởng máy	Workshop-oriented programming (WOP)
242	Zähigkeit	Độ dai	Toughness
561	Zahlensysteme	Hệ thống số	Numbering systems
431	Zahnrad mit Zahnstange	Bánh răng với thanh răng	Toothed wheel with toothed rack
414	Zahnräder	Bánh răng	Gearwheels
497	Zahnradpumpen	Máy bơm bánh răng	Gear pumps
411	Zahnriemen	Dây đai răng	Toothed belt
499	Zahnring-Hydromotor	Động cơ thủy lực vòng răng	Toothed-ring hydraulic motor
380	Zahnwellen-Verbindungen	Nối kết bằng trục then hoa/Kết nối trục bằng then vạn năng	Toothed-shaft connections
519	Zeitfunktionen	Bộ định thời, mạch định thời/Chức năng thời gian	Timer
314	Zeitstand-Zugversuch	Thử nghiệm kéo biến dạng với lực kéo không đổi trong thời gian dài	Tensile creep test
514	Zentralbaugruppe (SPS)	Bộ xử lý trung tâm (Điều khiển lôgic lập trình)	Central processing unit (PLC)
127	Zentrierbohrer	Mũi khoan tâm	Centring drill
244	Zerspanbarkeit	Khả năng gia công được	Machinability
299	ZerstörungsfreieWerkstoffprüfung	Thử nghiệm không phá hủy vật liệu/Kiểm tra vật liệu không phá hủy	Non-destructive material testing
79	Zertifizierung	Sự chứng nhận	Certification
97	Ziehfehler	Lỗi khi kéo (vuốt) như vết nứt ở đáy, có nếp hoặc bề mặt có rãnh	Drawing errors
97	Ziehstufen	Các cấp của phương pháp vuốt	Drawing steps
96	Ziehverhältnis	Tỷ lệ kéo	Drawing ratio
272	Zinklegierungen	Hợp kim kẽm	Zinc alloys
286	Zinnlegierungen	Hợp kim thiếc	Tin alloys
96	Zugdruckumformen	Biến dạng kéo-nén	Tension-pressure forming
243, 292, 457	Zugfestigkeit	Độ bền kéo	Tensile strength
429	Zugmittel-Getriebe	Bộ truyền động bằng phương tiện kéo (dây đai, xích)	Belt or chain gear
291	Zugspannung	Ứng suất kéo	Tensile stress
371	Zugspannung, zulässige	Ứng suất kéo cho phép	Tensile stress, admissible
150	Zugspannzange	Kẹp đàn hồi kéo, kẹp đàn hồi rút	Draw-in collet chucks
314	Zugversuch, Kunststoffe	Thử nghiệm kéo với chất dẻo	Tensile test with plastics
291	Zugversuch, Metalle	Thử nghiệm kéo với kim loại	Tensile test with metals
385	Zündpunkt von Schmierstoffen	Điểm cháy của chất bôi trơn	Ignition point of lubricants
513	Zuordnungsliste	Bảng phân bổ thiết bị với đầu vào và đầu ra của PLC (Điều khiển lôgic lập trình)/Bảng sắp đặt, bảng gán	Assignment list
486	Zweidruckventil	Van áp suất kép/Van áp lực đôi, Van AND, van nhấn kép	Dual-pressure valve
486	Zweihandbedienung	Điều khiển bằng hai tay	Two-hand operation
462	Zweipunktregelung	Điều khiển hai vị trí, điều khiển hai điểm	Two-position control
537	Zyklen (NC)	Chu trình làm việc (NC)	Cycles (NC)
481	Zylinder, doppelt wirkende	Xi lanh tác động hai chiều	Double-acting cylinders
481	Zylinder, einfach wirkende	Xi lanh tác động một chiều	Single-acting cylinders
498	Zylinder, hydraulische	Xi lanh thủy lực	Hydraulic cylinders
482	Zylinder, kolbenstangenlose	Xi lanh, pittông không trục/Xi lanh, ben không ti	Rodless cylinders
481	Zylinder, pneumatische	Xi lanh khí nén	Pneumatic cylinders
368	Zylinderschrauben	Vít lục giác chìm	Cap screws
376	Zylinderstifte	Chốt trụ	Straight pins
57	Zylindrizitätsmessung	Đo độ tròn,độ đảo	Checking of cylindricity

Chuyên ngành CƠ KHÍ

Nhiều tác giả

Chịu trách nhiệm xuất bản: NGUYỄN MINH NHỰT • *Chịu trách nhiệm nội dung*: NGUYỄN THỂ TRUẬT • *Biên tập:* HẢI VÂN - MAI LY • *Bìa:* ALICE NGUYỄN THANH LAM • *Sửa bản in:* MAI LY • *Kỹ thuật vi tính:* MAI KHANH

NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

• 161B Lý Chính Thắng - Quận 3 - Thành phố Hồ Chí Minh • ĐT: 39316289 - 39316211 - 38465595 - 38465596 - 39350973
• Fax: 84.8.38437450 - E-mail: nxbtre@ hcm.vnn.vn • Website: http://www.nxbtre.com.vn

CHI NHÁNH NHÀ XUẤT BẢN TRẺ TẠI HÀ NỘI

• Số 21, dãy A11, khu Đầm Trấu, p. Bạch Đằng, q. Hai Bà Trưng, Hà Nội • ĐT: (04)37734544 - Fax: (04)35123395
• E-mail: chinhanh@nxbtre.com.vn

Khổ 17 x 24cm, số 252 - 2013/CXB/10-25/Tre. Quyết định xuất bản số 111A/QĐ-Tre, ngày 19 tháng 3 năm 2013.
In 1.000 cuốn, tại Công ty Cổ phần In Gia Định. In xong và nộp lưu chiểu quý I/2013.

Tủ sách học nghề NHẤT NGHỆ TINH

Nhằm đáp ứng phần nào nhu cầu cấp bách về lực lượng công nhân lành nghề được đào tạo bài bản cả về lý thuyết lẫn thực hành tại Việt Nam, **Quỹ Thời báo Kinh tế Sài Gòn** (Saigon Times Foundation – STF) và **Ủy ban tương trợ người Việt Nam tại Cộng hòa liên bang Đức** cùng **Nhà xuất bản Trẻ** phối hợp thực hiện tủ sách học nghề **NHẤT NGHỆ TINH.**

Nước Đức nổi tiếng thế giới về cơ khí máy móc với hệ thống dạy nghề vừa học vừa làm rất thiết thực, điều này thể hiện rõ trong sách học nghề của họ mà điển hình nhất là tủ sách nghề của Nhà xuất bản Europa-Lehrmittel mà chúng tôi đã mua bản quyền để xuất bản tại Việt Nam lần này.

Quyển *Chuyên ngành Cơ khí* này là một trong những quyển sách bán chạy nhất của Nhà xuất bản Europa-Lehrmittel. Sách gồm 8 chương lý thuyết, 13 phần thực tập và thư mục thuật ngữ chuyên môn kỹ thuật chi tiết nhằm phục vụ cho việc đào tạo và nâng cao trình độ trong nghề cơ khí.

Thiết kế: Alice Nguyen Thanh Lam
Nguyên tác: FACHKUNDE METALL
Theo tác quyền của Nhà xuất bản EUROPA - LEHRMITTEL
Tủ sách này được hợp tác thực hiện bởi
Ủy ban tương trợ người Việt tại CHLB Đức (VSW) và Saigon Times Foundation (STF)

Hệ thống Câu lạc bộ phần mềm lớn nhất Việt Nam

CÂU LẠC BỘ AUTOCAD:https://www.facebook.com/groups/1591463481165256
CÂU LẠC BỘ SOLIDWORKS:https://www.facebook.com/groups/477688802421308
CÂU LẠC BỘ NX: https://www.facebook.com/groups/1669604763304732
CÂU LẠC BỘ INVENTOR:https://www.facebook.com/groups/967091543406123
CÂU LẠC BỘ MASTERCAM:https://www.facebook.com/groups/357857981247179
CÂU LẠC BỘ CATIA: https://www.facebook.com/groups/228562540845870
CÂU LẠC BỘ CREO:https://www.facebook.com/groups/1627970117220070
Hội Lập Trình Viên Việt Nam :https://www.facebook.com/groups/1967416796880273
Cộng Đồng Hỏi Đáp Lập Trình C C++ C# JAVA PHP
PYTHON... https://www.facebook.com/groups/hocngonngulaptrinh/
CÂU LẠC BỘ IT: https://www.facebook.com/groups/668020220045017
TÀNG KINH SÁCH: https://www.facebook.com/groups/330210380784272
Câu Lạc Bộ Phần Mềm : https://www.facebook.com/243173442871817
Câu Lạc Bộ Đào Tạo Phần Mềm : https://www.facebook.com/1315339938541536
CÂU LẠC BỘ CIMATRON:https://www.facebook.com/groups/370536886678290
CÂU LẠC BỘ MATLAB MAPLE MATHEMATICA:https://www.facebook.com/groups/229790647380926
CÂU LẠC BỘ ANSYS:https://www.facebook.com/groups/248115705533684
CÂU LẠC BỘ ĐỒ HỌA:https://www.facebook.com/groups/1587980448179878
CÂU LẠC BỘ ALTIUM PROTEUS EPLAN ORCAD AUTOMATION
STUDIO:https://www.facebook.com/groups/1094824240581840
CÂU LẠC BỘ PLC TIA PORTAL WINCC:https://www.facebook.com/groups/791673107635100
CLB LẬP TRÌNH https://www.facebook.com/354642474989599
CLB CAD CAM KHUÔN https://www.facebook.com/140758746545386
Kỹ Thuật Cơ Khí https://www.facebook.com/1751222525171166
PHẦN MỀM 2D 3D https://www.facebook.com/1954099491487381
CLB CAD https://www.facebook.com/groups/clbcad/
CLB CAE https://www.facebook.com/groups/clbcae/
CLB CAM CNC https://www.facebook.com/groups/clbcam.cnc
CLB KHUÔN https://www.facebook.com/groups/clbkhuon/
CÂU LẠC BỘ 3DS MAX REVIT SKETCHUP https://www.facebook.com/groups/466416127085206
CÂU LẠC BỘ PHOTOSHOP https://www.facebook.com/groups/CAULACBOPHOTOSHOP/
CÂU LẠC BỘ AFTER AFFECT https://www.facebook.com/groups/CAULACBOAFFTER.AFFECT/
CÂU LẠC BỘ PLC https://www.facebook.com/groups/caulacboplc/
Unigraphics NX https://www.facebook.com/NX.CLUB.LVD/

Hệ thống trong ❤️ tôi

🌏 Cơ sở 1 - ĐH Bách khoa HN.

🌏 Cơ sở 2 - ĐH Công nghiệp HN.

Các bạn muốn học phần mềm gì thì Liên hệ: anh Lê Văn Đức (chủ nhiệm Câu lạc bộ phần mềm)

Sđt/Zalo : 0366 030 217 : Lê Văn Đức

Facebook/Skype : Levanduc Lvd